

University of Groningen

Duurzame verlichting.

Kerstholt, René

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

2011

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Kerstholt, R. (2011). *Duurzame verlichting*. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.



university of
groningen

faculty of mathematics
and natural sciences

Duurzame verlichting

Verkenning van de mogelijkheden op het Zernike terrein

Mei 2011

drs. René Kerstholt



Beta Wetenschapswinkel

Duurzame verlichting

Verkenning van de mogelijkheden op het Zernike terrein

Auteur: drs. René Kerstholt

Begeleiders: Prof. dr. Henk Moll (RUG/IVEM)

Danny von Hebel (RUG/FB)

Drs. Karin Ree (RUG/Bèta Wetenschapswinkel)

Opdrachtgever: RUG/FB

Rapport Bèta 2011-01

Mei 2011

ISBN (boek) 978-90-367-5001-1

ISBN (digitaal) 978-90-367-5000-4

Bèta Wetenschapswinkel

Rijksuniversiteit Groningen

Nijenborgh 4

9747 AG Groningen

T: 050-363 41 32

E: c.m.ree@rug.nl

W: www.rug.nl/wewi

Inhoudsopgave:

Hoofdstuk 1 :	Inleiding	7
1.1	Duurzame verlichting	7
1.2	Vraagstelling	8
Hoofdstuk 2 :	Materiaal en methoden	9
2.1	Aanpak	9
2.2	Normen	9
2.3	Model	9
2.4	Data parkeerterreinen	10
2.5	Data sportterreinen	10
Hoofdstuk 3 :	Resultaten	13
3.1	Parkeerterreinen Zernike	13
3.1.1	Parkeerplaats P1	14
3.1.2	Parkeerplaats P2	15
3.1.3	Parkeerplaats P3	16
3.1.4	Parkeerplaats P5	17
3.2	Sportvelden Zernike	19
3.2.1	Voetbalvelden	20
3.2.2	Hockeyvelden	21
3.2.3	Tennisvelden	22
Hoofdstuk 4 :	Conclusie en discussie	25
4.1	Conclusie parkeerterreinen Zernike	25
4.2	Conclusie sportvelden Zernike	25
4.3	Discussie	26
4.3.1	Investeringskosten	26
4.3.2	Ontwikkeling LED	27
4.3.3	Toekomstscenario's	29
4.4	Aanbevelingen	30
Referenties		31
Dankwoord		33
Bijlagen		35

Samenvatting

De RUG heeft gevraagd om in het kader van duurzaamheidsdoelstellingen onderzoek te doen naar de financiële haalbaarheid van energiezuinige buitenverlichting op het Zernike terrein. Het onderzoek heeft zich daarbij toegespitst op de parkeerplaatsen en de sportvelden. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van een model van Agentschap NL (voorheen SenterNovem).

Bij de parkeerplaatsen is handhaving van de huidige situatie vergeleken met plaatsing van een PLL of een LED armatuur van de firma Indal. Het blijkt dat bij de parkeerplaatsen verlichting met een LED armatuur voor de komende 20 jaar het meest energiezuinig en goedkoopst is. De verschillen tussen de kosten van verlichting met een LED- of een PLL armatuur zijn echter gering. De standaard parkeerplaatsen P1 en P3 hebben bij plaatsing van LED armaturen een terugverdientijd van ongeveer 11 jaar. Parkeerplaats P2, waar de lichtsterkte momenteel te hoog is, heeft slechts een terugverdientijd van 3 jaar. P2 komt op grond van de normen in de Meerjarenaafpraak Energie direct in aanmerking voor een pilot. Op parkeerplaats P5, waar momenteel de lichtsterkte te laag is, zal men moeten investeren in nieuwe masten.

Bij de sportvelden is handhaving van de huidige situatie vergeleken met plaatsing van een LED armatuur in een statische of dynamische variant, zoals door de firma AAA-Lux in 2010 als primeur in Eindhoven is geïnstalleerd. De toepassing van LED verlichting voor sportvelden is echter nog sterk in ontwikkeling en relatief duur. Het verdient daarom de aanbeveling nog even te wachten met de installatie hiervan. Men kan echter LED verlichting overwegen, indien men zo energiezuinig mogelijk te werk wil gaan. De dynamische variant heeft de laagste terugverdientijd met 26-27 jaar.

Summary

In the context of sustainability goals the University of Groningen has requested to investigate the financial viability of energy-efficient exterior lighting at the Zernike campus. The investigation is focused on the parking places and sports fields. An Agentschap NL model is used for the calculations.

With regard to the parking places the continuation of the current situation for the next 20 years (the LED lifetime) is compared with installation of Indal PLL or LED armatures. It turns out that lighting the parking lots with LED armatures is the most energy efficient and cheapest option. However, the difference between the total costs of LED and PLL are small. The payback time of LED armatures at the standard parking lots P1 and P3 is about 11 years. At parking lot P2, where the current light intensity is too high, the payback time is only 3 years. According to the Long-term Agreement on Energy Efficiency a pilot in the short term at P2 can be recommended. On parking P5, where the current light intensity is too low, investment in new masts is needed anyhow.

With regard to the sports fields the continuation of the current situation is compared with installation of LED armatures in either a static or a dynamic version, such as AAA-Lux has installed in 2010 as first in Eindhoven. The application of LED lighting for sports fields however is a rather new phenomenon, developing fastly but still relatively expensive. It is therefore recommended to postpone the substitution for a few years. However, one can consider installing LED lighting as the most energy efficient alternative. The dynamic version is the best option, with a payback time of 26-27 years.

Hoofdstuk 1 : Inleiding

1.1 Duurzame verlichting

Duurzaamheid is een belangrijk thema in de maatschappij. Veel organisaties hebben zich op dit gebied doelen gesteld. Zo heeft de universitaire sector in 1999 een Meerjarenafspraken (MJA I) afgesloten met het Ministerie van Economische Zaken. Als resultaat hiervan heeft de RUG tot 2006 reeds 16,2% energie kunnen besparen [RUG 2011].

In 2007 en 2008 zijn respectievelijk MJA II en MJA III ondertekend. Hierin streven universiteiten en hogescholen ernaar om in 2012 voor tenminste 50% duurzaam in te kopen. Tevens wil men jaarlijks 2% energie besparen om aldus in 2020 een reductie te behalen van 30% ten opzichte van 2005 [VSNU 2008].

Op plaatselijk niveau heeft de RUG met de gemeente Groningen, de Hanzehogeschool Groningen en het UMCG het Akkoord van Groningen gesloten. Men heeft in dit akkoord onder andere afgesproken samen te gaan investeren in kennis en innovatie op het gebied van duurzame energie. Het Zernike terrein dient daarbij als proeftuin voor alle mogelijke initiatieven [Groningen 2009] .

Hierbij speelt ook het imago van de RUG een rol. Men kan zeggen dat de RUG als kennisinstituut een voorbeeldfunctie heeft op het gebied van duurzaamheid. Het zichtbaar worden van de duurzaamheidsambitie draagt bij aan een positieve uitstraling van de RUG zowel naar zijn eigen medewerkers toe als naar anderen in de omgeving.

In het kader genoemde akkoorden is binnen de RUG de Stuurgroep Duurzaamheid RUG opgericht. In deze Stuurgroep zijn zowel het Facilitair Bedrijf en VGI als de Arbo-Milieu dienst en relevante onderzoekers (o.a. in ESRIG) vertegenwoordigd.

Voor de Stuurgroep Duurzaamheid RUG is duurzame verlichting één van de thema's in het jaarplan 2010-2011. De RUG heeft inmiddels diverse maatregelen genomen op het gebied van duurzame verlichting. Zo zijn op veel plaatsen in gebouwen sensoren aangebracht, zodat verlichting alleen aangeschakeld wordt als het nodig is. Andere mogelijkheden zijn het dimmen van de verlichting of het aanschaffen van energiezuinige armaturen, bijvoorbeeld LED armaturen. Een andere meer algemene optie is het inkopen of zelf opwekken van duurzame energie.

LED armaturen zijn vanwege de gunstige milieu effecten sterk in opkomst voor zowel verlichting van de openbare ruimte als voor binnenverlichting. De gunstige milieueffecten blijken duidelijk uit levenscyclusanalyses [Kerstholt 2010]. Diverse gemeenten installeren daarom LED straatverlichting of voeren proefprojecten uit. LED verlichting heeft o.a. als voordeel een laag energiegebruik, een lange levensduur, een lage storingsgevoeligheid en minder strooielicht. Een nadeel van LED verlichting is de huidige hoge aanschafprijs. Daar staat tegenover dat de LED technologie nog in ontwikkeling is en de prijzen naar verwachting zullen dalen.

1.2 Vraagstelling

Bij het aanschaffen van nieuwe verlichting of vervanging van bestaande verlichting spelen niet alleen milieu effecten een rol, maar ook financiële. Om tot een verantwoorde aanpak te komen is door het Facilitair Bedrijf van de RUG derhalve de vraag gesteld, wat de potentie is van energiezuinige verlichting. Hierbij komt onder andere de terugverdientijd aan de orde.

In overleg tussen het Facilitair Bedrijf (Danny von Hebel) en de Bèta Wetenschapswinkel (Karin Ree) zijn twee toepassingen van verlichting binnen de RUG genoemd die in het kader van duurzaamheid als realistische opties worden beschouwd voor een pilot project energiezuinige verlichting :

*verlichting sportterreinen Zernike

*verlichting parkeerterreinen Zernike

Hoofdstuk 2 : Materiaal en methoden

2.1 Aanpak

Ten eerste wordt een inventarisatie gemaakt van de bestaande situatie. Hierbij komt een aantal praktische zaken aan de orde als: welke lampen worden gebruikt, met welk vermogen, wat is het huidige energieverbruik, levensduur en onderhoudskosten en wie is de leverancier/fabrikant van de lampen. Basis van de gegevens is de door het Facilitair bedrijf aangeleverde plattegrond in bijlage 1, waarop men de gehele infrastructuur van de verlichting op het Zernike terrein kan vinden [Bryan 2010].

Na de inventarisatie wordt beoordeeld wat in de betreffende situatie de alternatieven zijn. Contact wordt gelegd met fabrikanten en recherche wordt gedaan op internet naar alternatieve verlichting in vergelijkbare toepassingen. Uiteindelijk wordt een kosten/baten analyse gemaakt. Tevens wordt een prognose gedaan voor het optimale investeringsmoment.

2.2 Normen

Er wordt beoordeeld of de verlichting aan de Europese normen volgens EN 12464-2 (werkplekverlichting buiten) [NEN 2007] of EN 12193 (sportveldverlichting) [NEN 2008] voldoet. Deze normen hebben betrekking op de verlichtingssterkte, gelijkmatigheid van de verlichtingssterkte, verblinding en kleurweergave.

De maximale verlichtingssterkte (eenheid: lux=lumen/m²) kan berekend worden door lichtproductie van de lampen (eenheid: lumen) te delen door de te verlichten oppervlakte (eenheid: m²). Hierbij neemt men aan dat al het geproduceerde licht op de betreffende oppervlakte valt.

De lichtproductie van de lampen wordt vaak door de fabrikant aangegeven. De te verlichten oppervlakte is berekend uit de plattegrond die ter beschikking gesteld is door het Facilitair Bedrijf (bijlage 1). Wil men de verlichtingssterkte en de gelijkmatigheid precies weten, dan moet men dit ter plaatse meten.

2.3 Model

Als rekenhulp is het model van Agentschap NL gebruikt voor het bepalen van de Total Cost of Ownership en Energiebesparing per armatuur [Agentschap NL 2010]. Dit model omvat de totale kosten gedurende de rekenperiode. De totale kosten bestaan uit investeringskosten en exploitatiekosten. De exploitatiekosten zijn te onderscheiden in energiekosten en onderhoudskosten.

De rekenperiode is steeds gesteld op 20 jaar. Dit is de gegarandeerde levensduur van een goede kwaliteit LED armatuur. In deze 20 jaar moeten de lampen van een traditionele armatuur, afhankelijk van de soort, meerdere keren vervangen worden.

Voor de prijs van elektriciteit in de komende 20 jaar zijn verschillende schattingen mogelijk. In het model van Agentschap NL wordt een gemiddelde waarde aangehouden van € 0,15 per kWh. In dit onderzoek zijn echter recente gegevens van de RUG zelf gebruikt, welke zijn geëxtrapoleerd naar de toekomst.

Uit mededeling van de RUG blijkt dat in 2010 de elektriciteitsprijs € 0,096 per kWh bedroeg, in 2011 naar verwachting € 0,105 per kWh zal bedragen en in 2012 naar verwachting € 0,111 per kWh [Smit 2011]. Dit komt neer op een gemiddelde stijging van 7%, wat overeenkomt met gegevens die anderen hanteren [BDM 2011]. Over 20 jaar zal de prijs dan gestegen zijn tot € 0,38 per kWh. De gemiddelde prijs in de komende 20 jaar is € 0,21 per kWh. Wanneer de energiekosten een grotere rol spelen, wordt LED verlichting relatief gunstiger.

Wat betreft onderhoudskosten zijn de gegevens van Agentschap NL overgenomen. Het plaatsen van een armatuur kost € 60. Als aanvulling zijn voor het plaatsen van nieuwe masten de gegevens van de gemeente Veldhoven gebruikt: een nieuwe mast kost zelf € 425, het plaatsen daarvan € 90 [Veldhoven 2009].

2.4 Data parkeerterreinen

Wat betreft de parkeerterreinen zijn in dit onderzoek als alternatieven voor de huidige situatie de producten van Indal aangehouden. In een onderzoek van Agentschap NL blijkt dat Indal veruit de meest energie efficiënte armaturen levert op het gebied van LED buitenverlichting [Agentschap NL 2009].

Bij bestudering van de door fabrikanten toegezonden prijslijsten blijkt dat Indal tevens concurrerende prijzen hanteert. Ook verstrekte Indal de meeste gegevens betreffende verlichtingssterktes [Indal 2010]. Om het probleem van verblinding te vermijden is in de rekenmodellen steeds gekozen voor twee gangbare armaturen van Indal met een lichtstroom gelijk aan of lager dan de armaturen in de huidige situatie:

*Kegel 2000/Elektronische Voorschakelapparatuur/PLL/24 W/1800 lumen/€ 251

*Stela Square/10 LED/14W/1400 lumen/€ 505

Benadrukt moet worden dat alle genoemde data een momentopname zijn. Zo zal de lichtstroom van de Stela Square 10 LED inmiddels zeker hoger zijn vanwege de snelle verbetering van de efficiëntie.

Voor de verlichtingssterkte op een parkeerterrein geldt een minimumvereiste van 5 lux. Uitgegaan wordt van 4200 bedrijfsuren per jaar. Dit betekent dat de verlichting de hele nacht brandt. Uitdoen of dimmen van de verlichting is in het algemeen echter een goede manier om energie te besparen. Volgens de plattegrond van het Facilitair Bedrijf wordt dit toegepast op parkeerplaats P5. In dit onderzoek is dit verder buiten beschouwing gelaten.

Op parkeerplaats P5 staat in het jaar 2015 vervanging van de verlichting gepland, oftewel de economische levensduur is in 2015 verstreken [Tromp 2011]. Voor de parkeerplaatsen P1 en P3 geldt waarschijnlijk hetzelfde, aangezien daar een vergelijkbare verlichting staat. Over parkeerplaats P2 kan wat dit betreft geen uitspraak worden gedaan. In dit onderzoek wordt de handhaving van de huidige verlichting (ook na 2015) als standaardsituatie beschouwd. De alternatieven worden hiermee vergeleken.

2.5 Data sportterreinen

Voor de verschillende sporten hebben de betreffende sportbonden verschillende normen voor de verlichting vastgesteld [AAA-Lux 2010].

Voor een voetbalveld geldt minimaal een gemiddelde van 75-200 lux, voor een hockeyveld 200-250 lux en voor een tennisveld 300 lux. Uitgegaan wordt van 700 bedrijfsuren per jaar.

Voor het LED alternatief zijn de gegevens van AAA-Lux overgenomen. Deze firma heeft onlangs met een aantal partners de eerste LED verlichting op sportvelden in Nederland geïnstalleerd in Eindhoven [Digisport 2010]. Te onderscheiden zijn een besparing van energie op grond van een statisch gebruik (optie 1) en een dynamisch gebruik van de verlichting (optie 2).

Bij statische verlichting wordt de oude verlichting 1 op 1 vervangen zonder verdere aanpassingen. Bij dynamische verlichting worden de voordelen van LED verder uitgebuit door installatie van diverse soorten schakelkasten/elektronica. Er wordt in dat geval energie bespaard door:

- *Geen opstarttijd
- *Geen hoge extra opstartstroom
- *Alleen dat gedeelte van het veld verlichten dat wordt gebruikt.
- *Dimmen, verlichting op een gewenst niveau instellen
- *Uitzetten als het veld even niet in gebruik is

Aangezien AAA-Lux geen prijzen heeft meegedeeld, zijn de prijzen berekend op basis van een vergelijking met de gangbare Philips Optivision lampen, waarvan wel een prijs bekend is. De prijs van deze Optivision lampen wordt vervolgens gelijkgesteld met de prijs van de HPIT lampen van Philips die op het sportterrein van het Zernike complex in gebruik zijn.

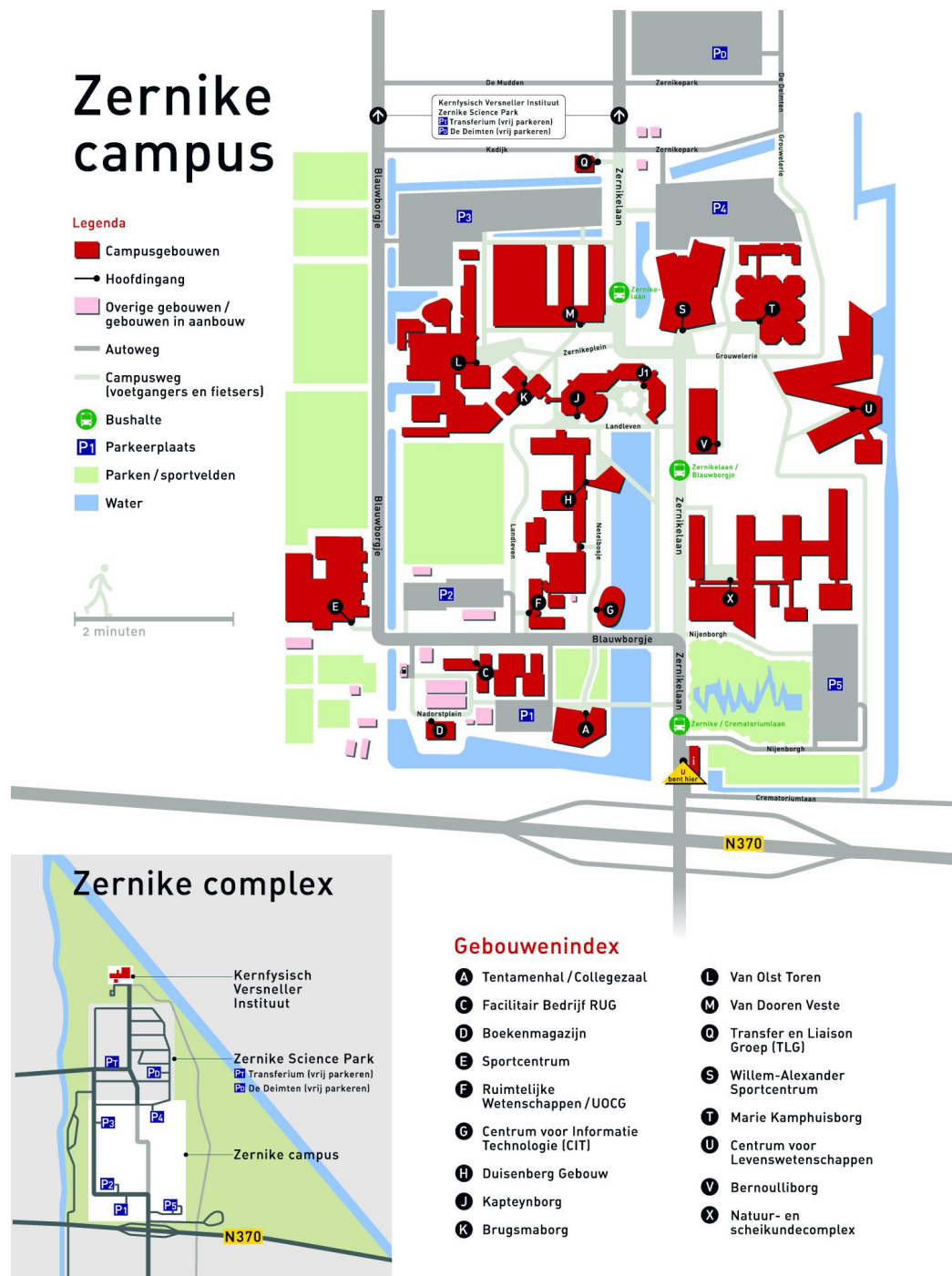
De dynamische LED verlichting van AAA-Lux wordt verondersteld 3,25x zo duur in aanschaf te zijn als de traditionele verlichting. [Heijmans Sport 2010]. Om de prijs van alleen de statische LED verlichting te achterhalen, moet dit verminderd worden met de kosten van de extra schakelkasten/elektronica. Ook deze kosten waren niet te achterhalen. Als aannahme worden de kosten van de extra schakelkasten/elektronica per armatuur gelijkgesteld aan de kosten van een desktop computer van € 500.

Wat betreft de sportvelden op het Zernike terrein zijn diverse veranderingen aanstaande. Dit betreft een reorganisatie van de bestaande velden en het aanleggen van nieuwe sportvelden. Bovendien is de verlichting op bijvoorbeeld de voetbalvelden al meer dan 20 jaar oud [Dijksma 2010]. Hiermee dient zich een goede mogelijkheid aan om energiezuinige verlichting te installeren. Analooq aan de situatie bij de parkeerplaatsen wordt in dit onderzoek de handhaving van de huidige verlichting als standaardsituatie beschouwd. De alternatieven worden hiermee vergeleken.

Hoofdstuk 3 : Resultaten

3.1 Parkeerterreinen Zernike

Volgens de meest recente gegevens in figuur 1 zijn er op het RUG gedeelte van de Zernike Campus momenteel 5 parkeerterreinen, genaamd P1 t/m P5. P4 is wegens aangrenzende nieuwbouw in renovatie en wordt in dit onderzoek niet meegenomen.



Figuur 1. Plattegrond parkeerterreinen Zernike

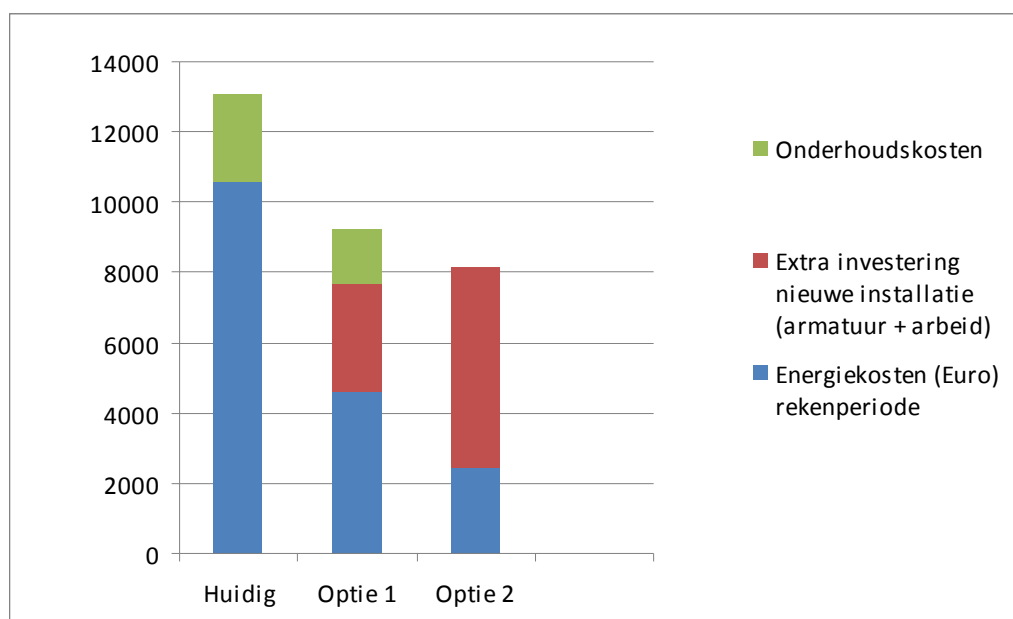
3.1.1 Parkeerplaats P1

De resultaten voor P1 zijn te vinden in tabel 1 en in de grafieken 1 en 2. De onderliggende cijfers zijn te vinden in bijlage 2. In de huidige situatie is het type lichtbron HQL sterk verouderd, maar voldoet de lichtsterkte goed aan de norm. De masten zijn 3 m hoog. De armaturen kunnen eenvoudig vervangen worden door een alternatief met een PLL lamp (optie 1) of LED lamp (optie 2).

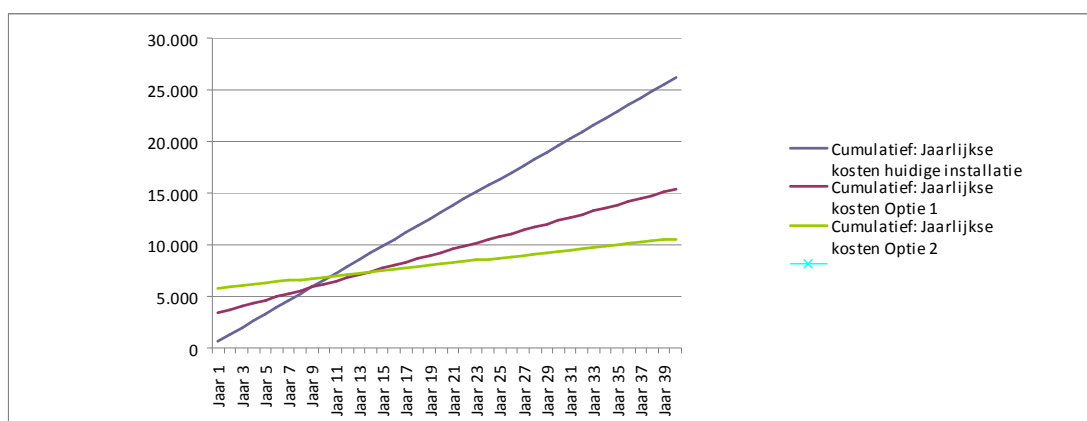
	Huidig (HQL)	Optie 1 (PLL)	Optie 2 (LED)
Kosten 20 jaar (€)	13.104	9.246	8.120
Terugverdientijd (jr) -		9	11
Energiebesparing (%) -		57	77

Tabel 1. Uitkomsten 20 jaar verlichting P1.

De terugverdientijd van de alternatieven ontloopt elkaar niet veel met ca. 9-11 jaar. In de totale rekenperiode 20 jaar zijn de kosten van het LED alternatief het laagst. Men kan met het LED alternatief in totaal € 5.000 besparen ten opzichte van de huidige situatie. De mogelijke energiebesparing met het LED alternatief is 77%.



Grafiek 1. Kosten 20 jaar verlichting P1.



Grafiek 2. Terugverdiëntijd verlichting P1.

3.1.2 Parkeerplaats P2

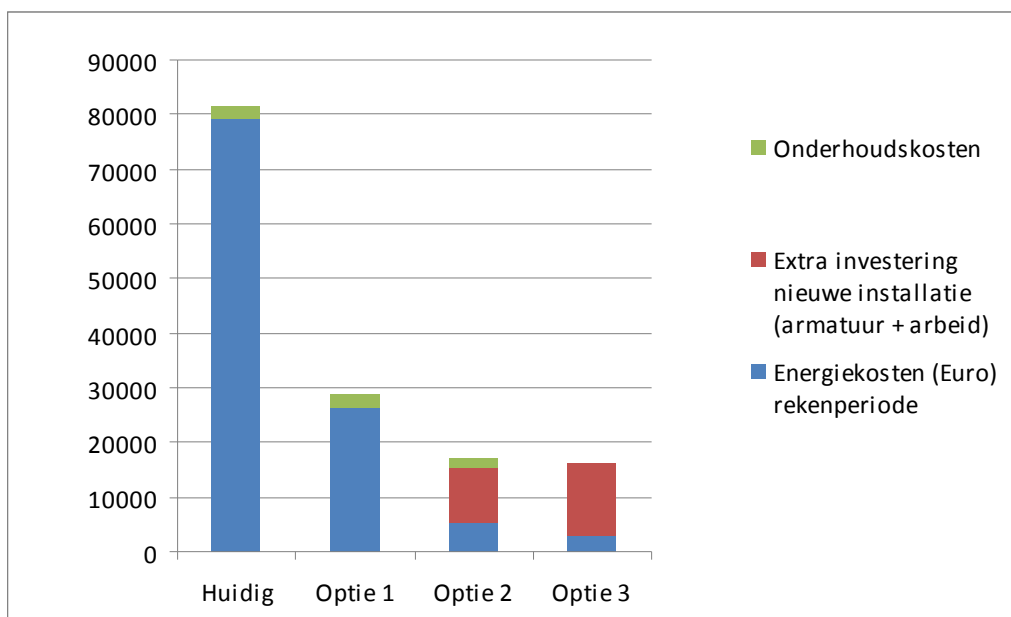
De resultaten voor P2 zijn te vinden in tabel 2, de grafieken 3 en 4, alsmede in bijlage 3. In tegenstelling tot de andere parkeerplaatsen zijn op P2 de masten 12 meter hoog in plaats van 3 meter hoog. Er is in het verleden dus voor een heel ander verlichtingsconcept gekozen met per mast 3 Thorlux metaalhalide lampen. Het blijkt dat parkeerplaats P2 erg veel energie verbruikt per verlichte oppervlakte. Tevens is de lichtsterkte veel te hoog.

Een eenvoudige maatregel die zonder kosten meteen rendement oplevert is het uitdoen van 2 van de 3 lampen per mast (optie 1). De lichtsterkte is dan nog steeds ruim boven de norm. Wil men nog verder energie besparen dan is het het beste om lagere en meer masten te plaatsen. Dit is te verkiezen boven het huidige aantal masten met lampen die een te hoge verlichtingssterkte hebben, waardoor mogelijk verblinding op kan treden. Op de nieuwe lagere masten kan men dan een armatuur plaatsen met een PLL lamp (optie 2) of een LED lamp (optie 3). Inbegrepen in deze opties is het plaatsen van een dubbel aantal nieuwe masten.

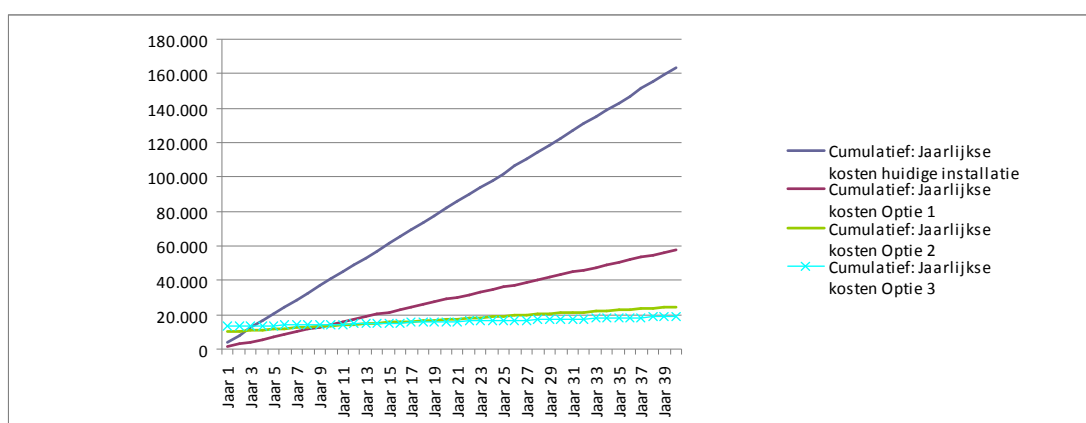
	Huidig (MH)	Optie 1 (dim)	Optie 2 (PLL)	Optie 3 (LED)
Kosten 20 jaar (€)	81.756	28.836	17.276	15.924
Terugverdiëntijd (jr) -	-	-	3	3
Energiebesparing (%) -	-	67	93	96

Tabel 2. Uitkomsten 20 jaar verlichting P2.

Met het dimmen kan men in de rekenperiode van 20 jaar € 53.000 besparen en een energiebesparing realiseren van 67%. De terugverdiëntijd van de PLL en LED alternatieven ontlopen elkaar niet veel en zijn relatief kort met 3 jaar. In de totale rekenperiode van 20 jaar kan men met deze alternatieven ca. € 65.000 besparen. De energiebesparing is ca. 95%.



Grafiek 3. Kosten 20 jaar verlichting P2.



Grafiek 4. Terugverdiëntijd verlichting P2.

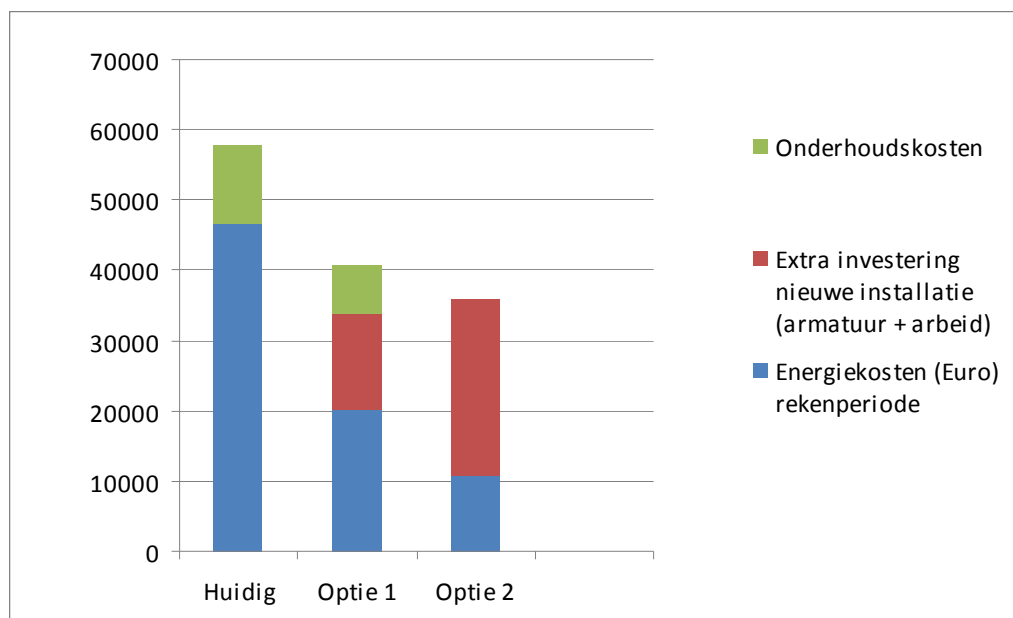
3.1.3 Parkeerplaats P3

De resultaten voor P3 zijn te vinden in tabel 3, de grafieken 5 en 6, alsmede in bijlage 4. De situatie lijkt op P1, maar met een huidige verlichting op basis van HPLN lampen.

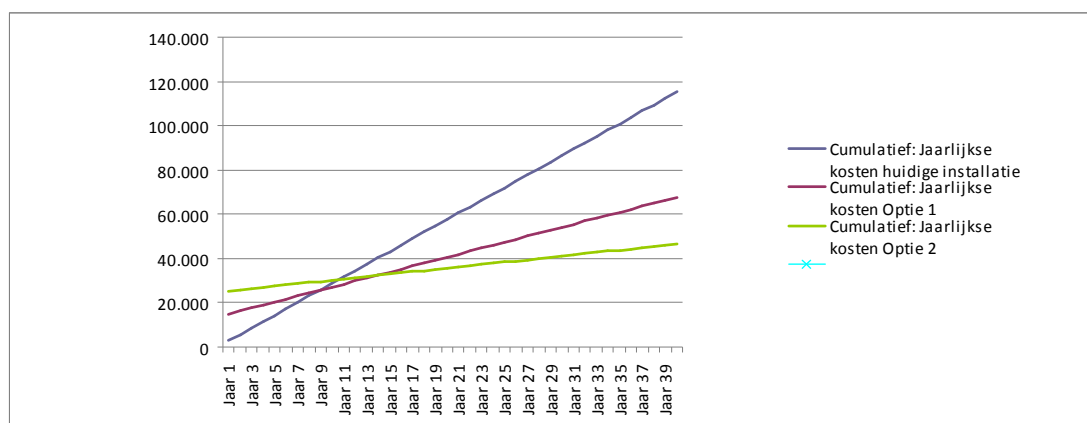
	Huidig (HPLN)	Optie 1 (PLL)	Optie 2 (LED)
Kosten 20 jaar (€)	57.658	40.684	35.726
Terugverdiëntijd (jr) -		9	11
Energiebesparing (%) -		57	77

Tabel 3. Uitkomsten 20 jaar verlichting P3.

Overeenkomstig de resultaten voor P1 ontloopt de terugverdientijd van de alternatieven elkaar niet veel met ca. 9-11 jaar. In de totale rekenperiode 20 jaar zijn de kosten van het LED alternatief het laagst. Men kan met het LED alternatief in totaal € 20.000 besparen ten opzichte van de huidige situatie. De mogelijke energiebesparing met het LED alternatief is 77%.



Grafiek 5. Kosten 20 jaar verlichting P3.



Grafiek 6. Terugverdientijd verlichting P3.

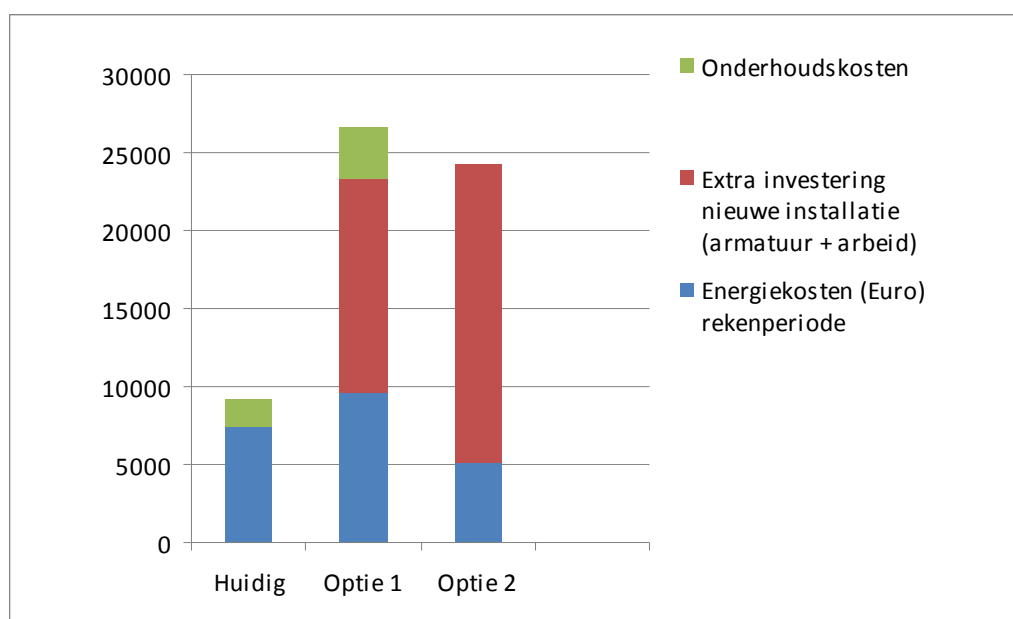
3.1.4 Parkeerplaats P5

De resultaten voor P5 zijn te vinden in tabel 4, de grafieken 7 en 8, alsmede in bijlage 5. In dit geval voldoet de huidige verlichting op basis van HPLN lampen niet aan de norm wat betreft de lichtsterkte. Men moet derhalve gaan investeren. Het beste is om masten bij te plaatsen, omdat er anders net als bij P2 armaturen met te sterke lampen geplaatst moeten worden. Inbegrepen in de alternatieve opties 1 en 2 is het bijplaatsen van een dubbel aantal nieuwe masten, oftewel een verdrievoudiging van het huidige aantal masten. Pas dan wordt voldaan aan de normen.

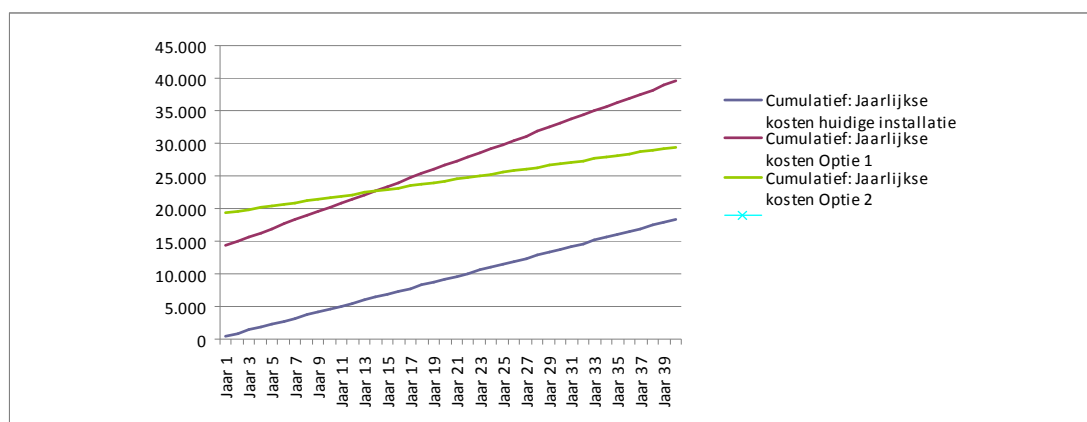
	Huidig (HPLN)	Optie 1 (PLL)	Optie 2 (LED)
Kosten 20 jaar (€)	9.173	26.627	24.261
Terugverdientijd (jr) -		-74	96
Energiebesparing (%) -		-30	30

Tabel 4. Uitkomsten 20 jaar verlichting P5.

Voor het LED alternatief ligt de terugverdientijd op 96 jaar. In de totale rekenperiode van 20 jaar is men met het LED alternatief € 15.000 duurder uit vergeleken met de huidige situatie. In termen van energiebesparing kan men met het LED alternatief echter een besparing realiseren van 30%. Indien men het huidige aantal masten zou behouden, dan krijgt men resultaten vergelijkbaar met de parkeerplaatsen P1 en P3.



Grafiek 7. Kosten 20 jaar verlichting P5.



Grafiek 8. Terugverdientijd verlichting P5.

3.2 Sportvelden Zernike

Op het Zernike sportterrein kan volgens de recente plattegrond in figuur 2 het volgende onderscheid in velden gemaakt worden: 2x2 voetbalvelden (velden 1 t/m 4), 3 hockeyvelden (velden 5 t/m 7) en 12 tennisvelden. De algemene sportvelden 8 en 9 stonden niet op de ter beschikking staande plattegrond met armaturen en zijn daarom niet meegenomen in dit onderzoek. Uitgezonderd de tennisvelden is er verlichting aanwezig op basis van Philips HPIT lampen.



Figuur 2. Plattegrond sportterreinen Zernike.

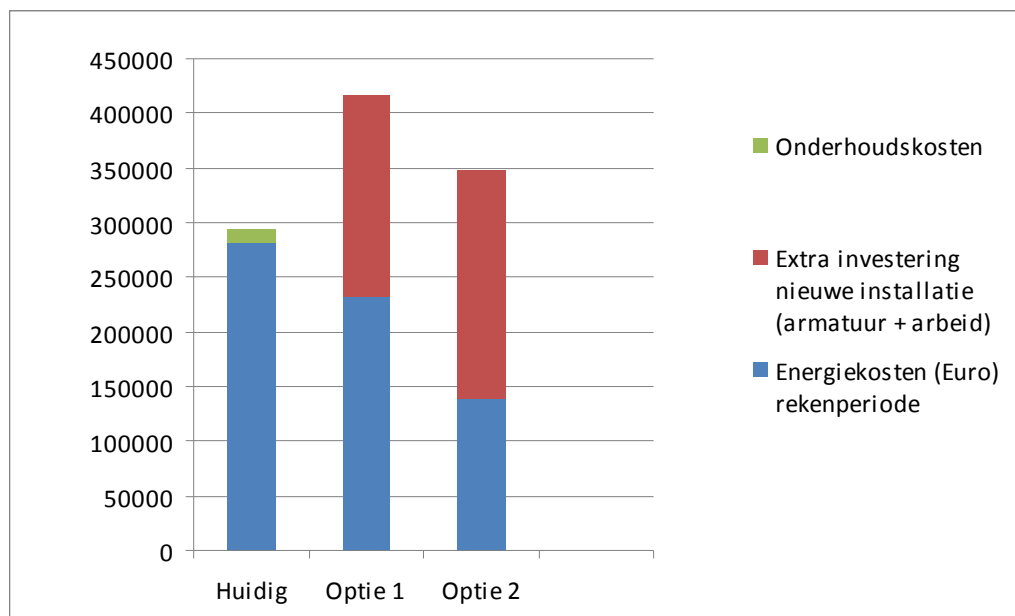
3.2.1 Voetbalvelden

Op de velden 1 t/m 4 zijn in totaal 48 armaturen geplaatst, oftewel 12 armaturen per veld. De grootte van een voetbalveld is 100x64 m oftewel 6400 m². De resultaten staan vermeld in tabel 5, de grafieken 9 en 10, alsmede in bijlage 6.

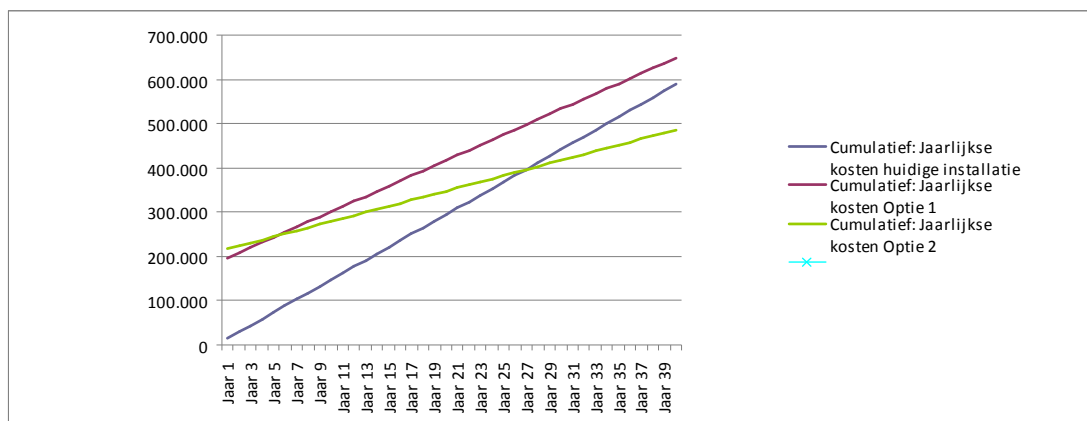
	Huidig (HPIT)	Optie 1 (LED-stat)	Optie 2 (LED-dyn)
Kosten 20 jaar (€)	294.456	417.017	347.878
Terugverdientijd (jr) -		59	27
Energiebesparing (%) -		18	51

Tabel 5. Uitkomsten 20 jaar verlichting voetbalvelden.

De terugverdientijd van de alternatieven is vrij hoog. De terugverdientijd van de dynamische variant is het laagst met 27 jaar. In de rekenperiode van 20 jaar zijn de totale kosten voor de dynamische variant € 53.000 hoger in vergelijking met de huidige situatie. Er is met de dynamische variant een energiebesparing te behalen van 51%.



Grafiek 9. Kosten 20 jaar verlichting voetbalvelden 1 t/m 4.



Grafiek 10. Terugverdiëntijd verlichting voetbalvelden 1 t/m 4.

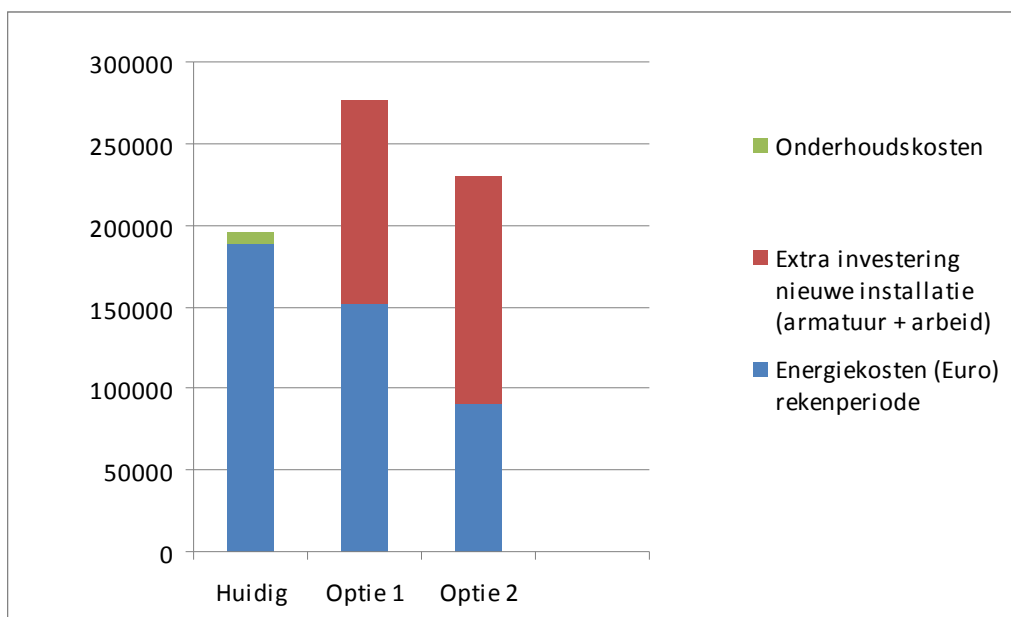
3.2.2 Hockeyvelden

Op veld 5 zijn in totaal 16 armaturen geplaatst. Op de velden 6 en 7 zijn samen ook 16 armaturen geplaatst, oftewel 8 armaturen per veld. Vergeleken met veld 5 is de verlichtingssterkte de helft. De velden 6 en 7 voldoen niet aan de wedstrijdnormen. Voor trainingsdoeleinden zijn de velden wel geschikt. Aangenomen wordt dat de huidige verlichtingssterktes niet hoeven te worden veranderd. De grootte van een hockeyveld is 91x55 m oftewel 5005 m². De resultaten voor de drie velden samen staan vermeld in tabel 6, de grafieken 11 en 12, alsmede in bijlage 7.

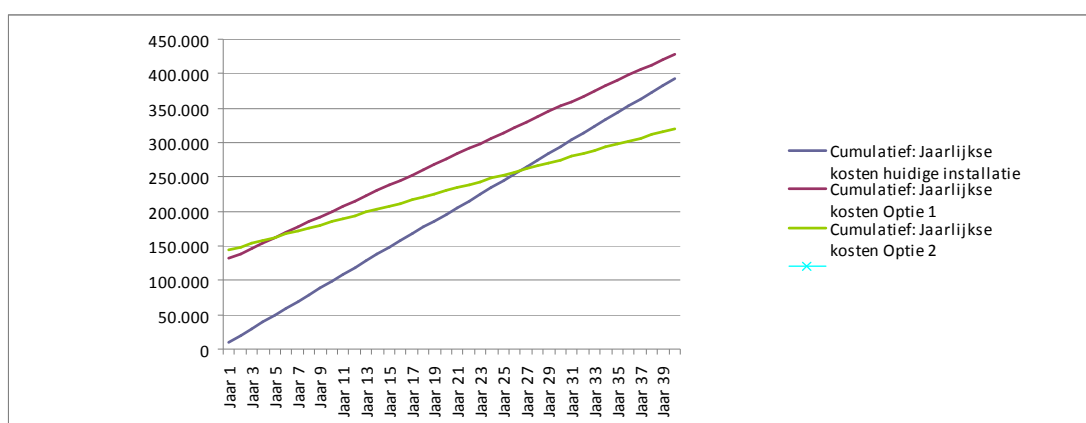
	Huidig (HPIT)	Optie 1 (LED-stat)	Optie 2 (LED-dyn)
Kosten 20 jaar (€)	196.304	276.130	230.037
Terugverdiëntijd (jr) -		56	26
Energiebesparing (%) -		19	52

Tabel 6. Uitkomsten 20 jaar verlichting hockeyvelden.

Afgezien van andere verlichtingsvereisten zijn de resultaten vergelijkbaar met de voetbalvelden. In de rekenperiode van 20 jaar zijn de totale kosten voor de dynamische variant € 34.000 hoger in vergelijking met de huidige situatie. Er is met de dynamische variant een energiebesparing te behalen van 51%.



Grafiek 11. Kosten 20 jaar verlichting hockeyvelden.



Grafiek 12. Terugverdiëntijd verlichting hockeyvelden.

3.2.3 Tennisvelden

Over 4 van de 12 tennisvelden is 's winters een blaashal geplaatst, zodat ook dan gesport kan worden. Op grond van een inefficiënte verwarming is een blaashal uit milieuoogpunt niet gunstig. Dit staat echter buiten dit onderzoek.

Momenteel is op de tennisvelden nagenoeg geen verlichting aanwezig. Men wil echter graag verlichting aanschaffen, zodat de tennisvelden wegens de grote vraag beter benut kunnen worden.

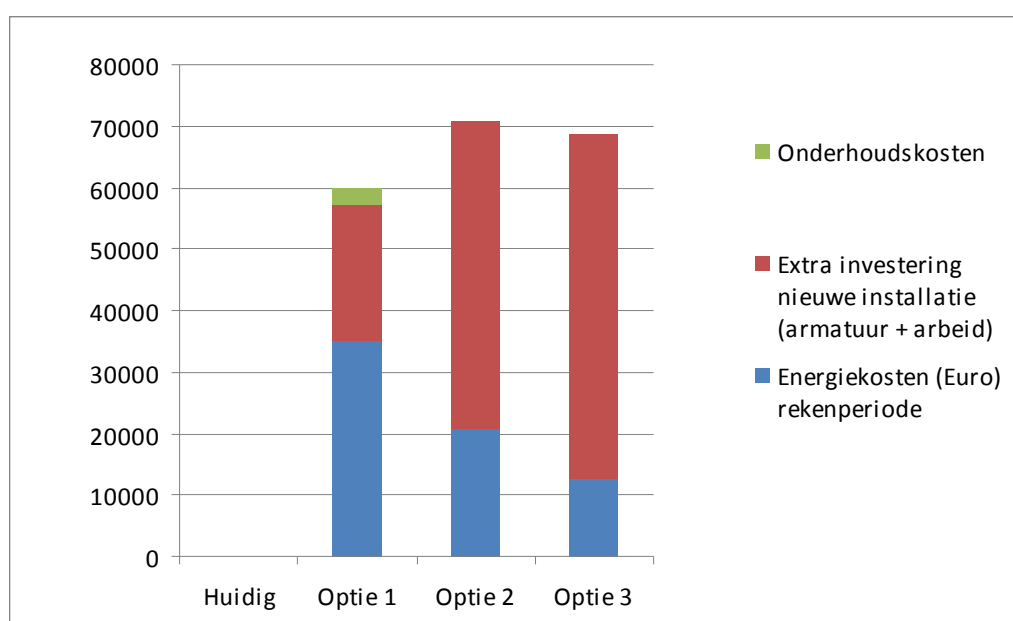
Als alternatief 1 is gekozen voor verlichting vergelijkbaar met de andere sportvelden op basis van Philips HPIT lampen. Aangezien tennisbanen veel minder groot zijn dan de andere sportvelden kan volstaan worden met 1 mast per baan met daarop 1 armatuur met een lamp van 1000 W. In de opties 2 en 3 zijn de LED alternatieven weergegeven. De grootte van een tennisveld is uitgaande van een dubbel tennisveld

23,77x10,97m oftewel 261 m². De resultaten staan vermeld in tabel 7, de grafieken 13 en 14, alsmede in bijlage 8.

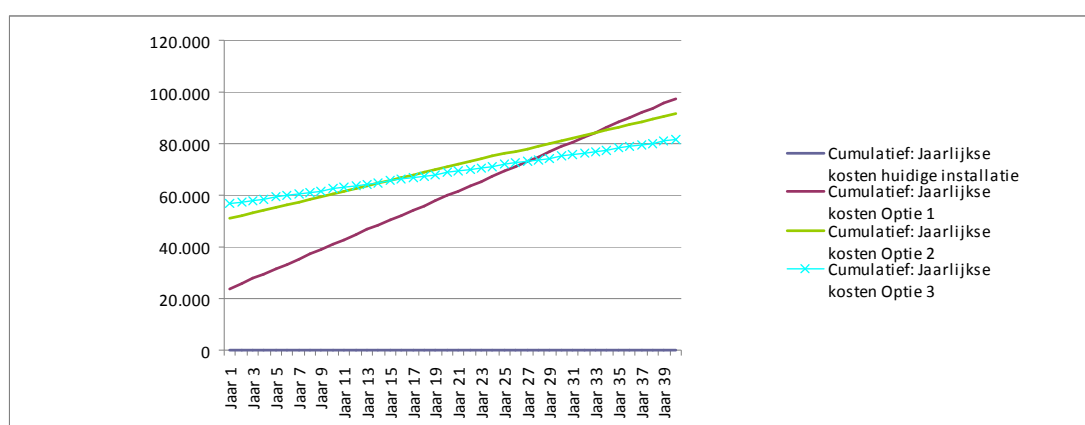
	Optie 1 (HPIT)	Optie 2 (LED-stat)	Optie 3 (LED-dyn)
Kosten 20 jaar (€)	59.814	70.855	68.741
Terugverdientijd (jr)	-	-	-
Energiebesparing (%)	-	-	-

Tabel 7. Uitkomsten 20 jaar verlichting tennisvelden.

Omdat er momenteel nog geen verlichting is kan een terugverdientijd niet bepaald worden. Wel kan men zien dat het op dit moment (nog) gunstiger is om conventionele verlichting aan te schaffen.



Grafiek 13. Kosten 20 jaar verlichting tennisvelden.



Grafiek 14. Terugverdientijd verlichting tennisvelden.

Hoofdstuk 4 : Conclusie en discussie

4.1 Conclusie parkeerterreinen Zernike

*P1 en P3

Bij verlichting op parkeerplaatsen zijn er goede mogelijkheden om LED verlichting te installeren. Verschillende bedrijven bieden armaturen aan. Terugverdientijden liggen in een normale situatie (parkeerplaatsen P1 en P3) op ongeveer 11 jaar. De totale kosten van 20 jaar verlichting zijn in het geval van LED verlichting reeds lager dan bij conventionele verlichting. Dit voordeel zal naar verwachting snel groter worden.

*P2

Wat betreft parkeerplaats P2 is de te hoge lichtsterkte in de huidige situatie van invloed op de terugverdientijd. De terugverdientijd is slechts 3 jaar. Deze terugverdientijd voldoet aan de normen in de Meerjarenafspraken Energie. P2 komt dus in aanmerking om nu al bij wijze van pilot LED verlichting te installeren. Tevens kan men met behulp van een pilot ervaring opdoen met LED verlichting en bijvoorbeeld zelf het energieverbruik meten.

Wil men niet of weinig investeren dan leent parkeerplaats P2 zich ook goed om de verlichting te dimmen/uit te doen. Dit zou kunnen door van de drie lichtbronnen per armatuur er twee te doven. Hiervoor moet waarschijnlijk wel het elektrische circuit worden aangepast. Ook op de andere parkeerplaatsen zou men meer van de mogelijkheid van dimmen/uitdoen gebruik kunnen maken.

*P5

In tegenstelling tot parkeerplaats P2 heeft parkeerplaats P5 te maken met een te lage lichtsterkte. In dit geval zal men moeten investeren om aan de normen te voldoen. Wil men daarbij zo energiezuinig mogelijk te werk gaan, dan kan men LED verlichting installeren.

4.2 Conclusie sportvelden Zernike

*Hockeyvelden en voetbalvelden

Bij sportparken geldt dat LED verlichting nog sterk in ontwikkeling is en relatief duur. Ook is het aantal bedrijfsuren per jaar laag waardoor het voordeel van het lage energieverbruik en de lange levensduur van LED verlichting minder relevant is. Dit leidt ertoe dat bij de hockey- en voetbalvelden de terugverdientijd van statische LED verlichting op 56-59 jaar ligt. Bij de dynamische variant van LED verlichting ligt dit op 26-27 jaar. Evenwel is er in de literatuur een terugverdientijd van slechts 8 jaar geclaimd [Digisport 2010]. De resultaten uit dit onderzoek zijn dus duidelijk anders. Wil men vanwege energiebesparing toch LED verlichting installeren, dan is de dynamische variant aan te bevelen.

*Tennisvelden

Op de tennisvelden ontbreekt momenteel grotendeels de verlichting. Hierdoor is geen terugverdientijd te bepalen omdat men zal moeten investeren. Wil men daarbij zo energiezuinig mogelijk te werk gaan, dan is (evenals bij de hockey- en voetbalvelden) de dynamische variant van LED verlichting de beste keus.

4.3 Discussie

4.3.1 Investeringskosten

Bij het invullen van het schema van Agentschap NL zijn verschillende aannames gedaan wegens het gebrek aan gegevens. Kijkt men naar de grafieken in hoofdstuk 3 dan blijkt dat de investeringskosten en de energiekosten de belangrijkste rol spelen. De onderhoudskosten zijn minder belangrijk en kunnen buiten beschouwing worden gelaten.

Ten eerste moet bij de investeringskosten worden opgemerkt dat de huidige situatie, waarin er van uit wordt gegaan dat de verlichting nog 20 jaar ongewijzigd kan functioneren, niet realistisch is omdat de verlichting al eerder afgeschreven zal zijn. Omdat op een gegeven moment zeker geïnvesteerd moet worden, zal het bedrag van de huidige situatie in werkelijkheid hoger uitvallen dan het in dit onderzoek gepresenteerde bedrag. Dit houdt in dat de in dit onderzoek gepresenteerde terugverdientijden voor de PLL en LED opties in werkelijkheid gunstiger zullen zijn. Daarbij komt nog dat de huidige verlichting deels zo verouderd is dat men bij vervanging automatisch bij PLL of LED verlichting (of een gelijkwaardig alternatief) uitkomt.

Met het oog op de investeringskosten is voor parkeerplaats P1 een analyse gemaakt met behulp van de Netto Contante Waarde Methode als alternatief voor de methode van Agentschap NL [Carvalho 2011]. Hierbij houdt men rekening met de inflatie en kan men het meest geschikte investeringsmoment berekenen. Uitgaande van een noodzakelijke investering voor 2015 is als investeringsmoment gekozen 2011 (nu), 2012 of 2014. De resultaten hiervan staan in tabel 8 en in bijlage 9 (inflatie 2%), bijlage 10 (inflatie 3%) en bijlage 11 (inflatie 4%). Optie 1 = Kegel en optie 2 = Stela.

Optie: Investering:			Model: Agentschap NL	Model: Netto Contante Waarde Methode		
Jaar	Bedrag			inflatie 2%	inflatie 3%	inflatie 4%
Huidig -	-		€ 13.104	€ 10.740	€ 9.685	€ 8.769
1	2011	€ 3.110	€ 9.246	€ 8.127	€ 7.631	€ 7.200
1	2012	€ 3.110	€ 9.246	€ 8.222	€ 7.697	€ 7.236
1	2014	€ 3.110	€ 9.246	€ 8.444	€ 7.862	€ 7.347
2	2011	€ 5.650	€ 8.120	€ 7.670	€ 7.466	€ 7.290
2	2012	€ 5.650	€ 8.120	€ 7.779	€ 7.521	€ 7.291
2	2014	€ 5.650	€ 8.120	€ 8.197	€ 7.831	€ 7.498

Tabel 8. Netto Contante Waarde Methode 20 jaar parkeerplaats P1.

Uit de tabel kan men een aantal conclusies trekken. Ten eerste verdient men de investering altijd terug binnen 20 jaar. De terugverdientijd is met de Netto Contante Waarde Methode echter hoger dan in het Model Agentschap, aangezien de verschillen kleiner worden tussen de huidige situatie en optie 1 of 2. Wil men investeren, dan is het beste moment nu (2011), ongeacht of de inflatie 2, 3 of 4% is. Het verschil tussen de opties 1 en 2 is bij de Netto Contante Waarde Methode kleiner dan in het Model Agentschap NL.

Wat betreft de investeringskosten is het belangrijkste gegeven de prijs van de armatuur. LED armaturen zijn aanzienlijk duurder dan de traditionele armaturen. In dit onderzoek liggen de prijzen ca. 2 x zo hoog voor de parkeerplaatsen en 3x zo hoog voor de sportvelden. Dit maakt dat LED verlichting in termen van terugverdientijden niet altijd de gunstigste optie is, zeker niet bij sportterreinen. Bij het implementeren van LED verlichting moet dus altijd naar de specifieke situatie worden gekeken.

Dat de terugverdientijd bij sportterreinen zo hoog is lag niet direct voor de hand. Een zeer gunstige toepassing van LED verlichting betreft namelijk verkeerslichten, omdat een LED armatuur weinig te lijden heeft van het aan- en uitschakelen. Om dezelfde reden leek ook het gebruik van LED armaturen op sportvelden gunstig zijn. In tegenstelling tot de huidige situatie hoeft men dan ook geen rekening meer te houden met opwarm- en afkoeltijden. Gebleken is echter dat de hoge aanschafkosten zwaarder wegen.

Een van de onzekerheden in het onderzoek naar de sportveldverlichting was de kosten van de extra schakelkasten/elektronica voor de dynamische variant van LED. De statische variant werd namelijk berekend door deze kosten in mindering te brengen op de dynamische variant. Aangenomen werd hiervoor per armatuur een bedrag van € 500. In tabel 9 zijn de resultaten weergegeven voor de voetbalvelden indien deze apparatuur de helft (€ 250) of dubbel zoveel (€ 1000) gekost zou hebben. Het blijkt dat dit de resultaten niet wezenlijk beïnvloedt.

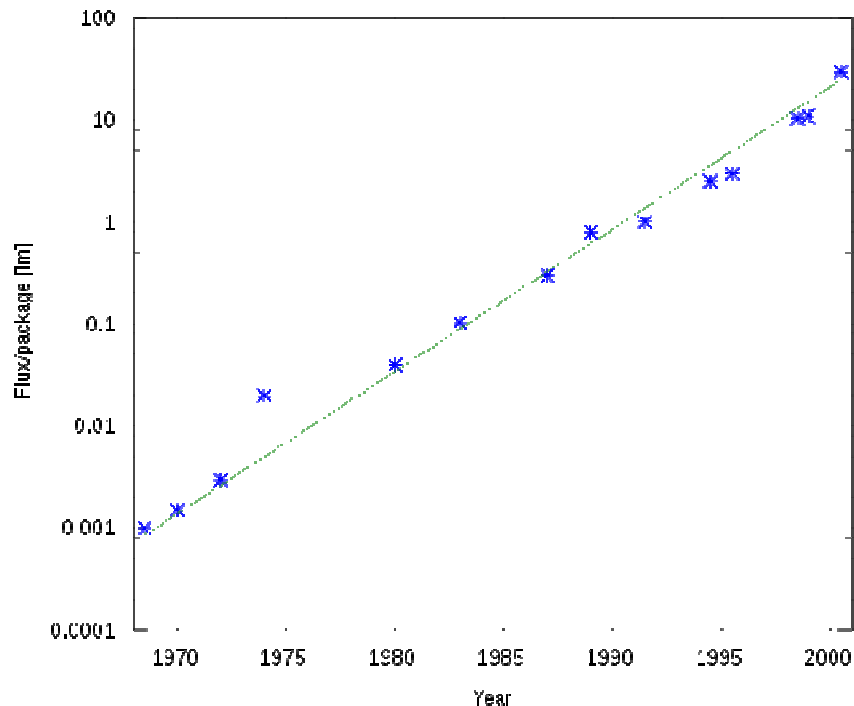
Extra kosten dynamische variant	LED-stat (jr)	LED-dyn (jr)
€ 250	63	27
€ 500	59	27
€ 1000	51	27

Tabel 9. Terugverdientijd LED-armatuur voetbalvelden.

4.3.2 Ontwikkeling LED

Doordat LED verlichting sterk in ontwikkeling is, zal LED verlichting zich in de toekomst sneller terugverdienen. Enerzijds komt dit door de steeds hogere lichtopbrengst per Watt van de gebruikte LED's en anderzijds door de te verwachten lagere kosten wegens massaproductie.

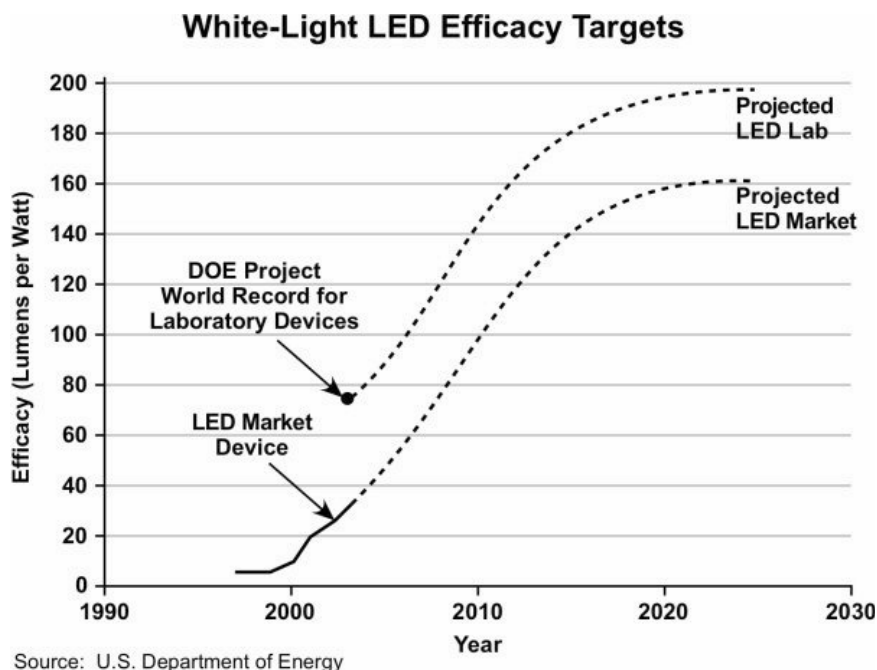
Met de wet van Haitz (analoog aan de wet van Moore voor transistors) is het totale effect hiervan in beeld te brengen. De wet van Haitz stelt dat elk decennium de kosten per lumen bij LED's zullen dalen met een factor van 10 en dat de hoeveelheid licht die wordt uitgezonden door elke LED met een factor van 20 zal stijgen. In grafiek 15 zijn enige praktijkwaarden tot en met het jaar 2000 weergegeven [Wikipedia 2009].



Grafiek 15. Wet van Haitz.

De wet van Haitz leidde in 2000 tot de voorspelling dat in 2010 de LED's een efficiëntie zouden hebben van 100 lumen per Watt. Deze voorspelling is uitgekomen, aangezien de actuele LED's van Indal een efficiëntie van 100-118 lumen per Watt hebben.

Vanaf 2010 zal de efficiëntie er echter minder snel op vooruitgaan; zie grafiek 16 [Linebeck 2006]. Toch wordt nog een verdubbeling van de efficiëntie (en energiebesparing) voorzien. Volgens grafiek 16 zal dit binnen 10 jaar plaats kunnen vinden.



Grafiek 16. Toekomst Verwachting Efficiëntie LED's.

4.3.3 Toekomstscenario's

Naast verbetering van de efficiëntie (oftewel een lager energieverbruik) van LED's zijn bij het bepalen van de terugverdientijden ook de prijzen van elektriciteit en de prijzen van de LED armaturen van belang. De ontwikkeling van de prijs van elektriciteit is moeilijk in te schatten. De prijs van een LED armatuur zou vanwege massaproductie kunnen dalen tot het niveau van een PLL armatuur (arbitrair). Mogelijke toekomstscenario's voor de komende 20 jaar zijn derhalve:

*Een tot 50% lager energieverbruik vanwege verbetering van de efficiëntie van LED's

*Een tot 50% hogere of lagere gemiddelde elektriciteitsprijs dan geschat

*Tot 50% goedkopere LED armaturen vanwege massaproductie

In tabel 10 zijn de terugverdientijden van een aantal mogelijke scenario's weergegeven, toegepast op een gemiddelde parkeerplaats (P1) en een gemiddeld sportveld (voetbalveld met dynamische variant LED).

	P1 (jr)	voetbalveld-dyn (jr)	
standaard scenario (=elektriciteit +7% p.j.)	11	27	
1. elektriciteitsprijs -50% (=+3,5% p.j.)	17	50	“worst case”
2. elektriciteitsprijs +50% (=+10,5% p.j.)	8	18	
3. energieverbruik -25%	10	22	
4. energieverbruik -50%	10	19	
5. prijs armatuur -25%	8	20	
6. prijs armatuur -50%	6	14	
7. combinatie 2,4,6	4	6	“best case”

Tabel 10. Terugverdientijden LED armaturen in diverse scenario's.

Het blijkt dat een (nog) lager energieverbruik de terugverdientijd het minst doet dalen en verlaging van de prijs van een armatuur het meeste. De meest ongunstige situatie („worst case“) doet zich voor wanneer de elektriciteitsprijs minder stijgt dan voorspeld. Hierdoor valt het voordeel weg van het lage energieverbruik van LED verlichting. De meest gunstige situatie („best case“) is een combinatie van effecten. Dit leidt tot een terugverdientijd van ongeveer 5 jaar. Hiermee wordt voldaan aan de normen in de Meerjarenaafpraak Energie.

Wat verder een rol speelt is dat bij LED verlichting iedere kleur licht een andere mate van energiebesparing heeft. Wat betreft wit licht wordt de meeste energiebesparing bereikt bij „koud“ wit licht. In dit onderzoek is hier ook van uitgegaan. Het publiek heeft echter een voorkeur voor „warm“ wit licht. Een andere mogelijkheid is groen licht. Groen licht levert meer energiebesparing op dan wit licht. Inmiddels wordt in de praktijk al ervaring opgedaan met groene straatverlichting [Glazenborg 2010].

Een andere interessante innovatie is een LED armatuur die draait op zelf opgewekte wind- en zonneenergie. Onder de naam Light Blossom Concept ontwikkelt Philips een dergelijk systeem [Zeiler 2009].

LED armaturen op basis van alleen zonneenergie zijn momenteel al door diverse partijen op de markt gebracht, maar zijn veel duurder dan de gewone LED armaturen. Hierdoor is ook de terugverdientijd hoog. Een dergelijke toepassing is daarom vooral geschikt voor nieuwe lokaties, zodat men geen elektriciteitsleidingen hoeft aan te leggen. Wil men bestaande lokaties van duurzame energie voorzien, dan kan men de wind- of zonneenergie wellicht beter op een centrale lokatie opwekken.

4.4 Aanbevelingen

***Leasing**

Een nadeel van LED armaturen zijn de hogere aanschafkosten. De meerkosten verdienen zich uiteindelijk wel terug door een lager energieverbruik en langere levensduur, maar men moet wel eerst investeren. Een oplossing zou een situatie kunnen zijn waarbij men de armaturen leaset, zodat de kosten van de investering gespreid worden.

***Flexibele armaturen**

Wanneer men nu gaat investeren, kan er een remmende voorsprong zijn. Even wachten kan voordelig zijn. Wil men echter nu al investeren, dan kan men het beste een armatuur kiezen waarbij men de LED's eenvoudig kan vervangen door efficiëntere zonder de hele armatuur te hoeven vervangen.

***Garantie levensduur**

Een pluspunt van LED licht is de lange levensduur. De ervaringen in de praktijk met betrekking tot de levensduur zijn echter niet altijd even goed. Dit bleek ook uit experimenten met LED binnenverlichting in het gebouw van het Facilitair Bedrijf. De levensduur die door fabrikanten wordt aangegeven, wordt vaak niet waargemaakt. Men dient dus te kiezen voor die fabrikanten die garantie geven.

***Verlichtingsontwerp**

Men moet er rekening mee houden dat LED licht minder strooilicht vertoont dan traditionele verlichting. Dit is enerzijds positief voorzover er minder lichtvervuiling optreedt. Anderzijds zijn in het algemeen meer masten nodig, omdat anders het tussenliggende gebied te weinig wordt verlicht. Een goed verlichtingsontwerp is onontbeerlijk.

***Duurzame energie**

LED armaturen in combinatie met wind- en/of zonneenergie kunnen in de toekomst interessant worden.

Referenties

AAA-Lux 2010	AAA-Lux, Dynamische LED Sportveld Verlichting, voorlopige informatie, versie 01, 18 juni 2010
Agentschap NL 2009	Agentschap NL, Karakterisatie LED Lantaarns, rapport nummer CAM-09-06.
Agentschap NL 2010	Agentschap NL, Rekenhulp energie-efficiënte armaturen v1.1, wijzigingsdatum 16-08-2010
BDM 2011	Website BDM-Energie/Zonne-energie/ terug-verdientijd
Bryan 2010	Jeroen Bryan, RUG/Medewerker Technisch Beheer Facilitair Bedrijf, mededeling per e-mail 28-6-2010
Carvalho 2011	Tiago Carvalho, RUG/Student Econometrie, mededeling per e-mail 29-4-2011
Digisport 2010	Digisport.nl, laatste nieuws vrijdag 12 februari 2010, Eindhovense noviteit kan sportwereld veel energie besparen
Dijksma 2010	Gerro Dijksma, RUG-HG/Directeur Sportcentrum, mondelinge mededeling 24-6-2010
Glazenborg 2010	Bèta Wetenschapswinkel RUG rapport 2010-3, Groen licht aan het Havenkanaal, T. Glazenborg 2010
Groningen 2009	Website gemeente Groningen/Het Akkoord van Groningen 2.0, 2009
Heijmans Sport 2010	Heijmans Sport en Groen B.V., Duurzame Sportparken 25-02-2010
Indal 2010	Indal, Technische verlichting catalogus 2010/2012
Kerstholt 2010	Bèta Wetenschapswinkel RUG rapport 2010-6, Straatverlichting in Assen, R. Kerstholt 2010
Lineback 2006	Rob Lineback, IC Insights, "Solid-state lighting set to boost LED growth", LED Magazine, May 2006, Department of Energy

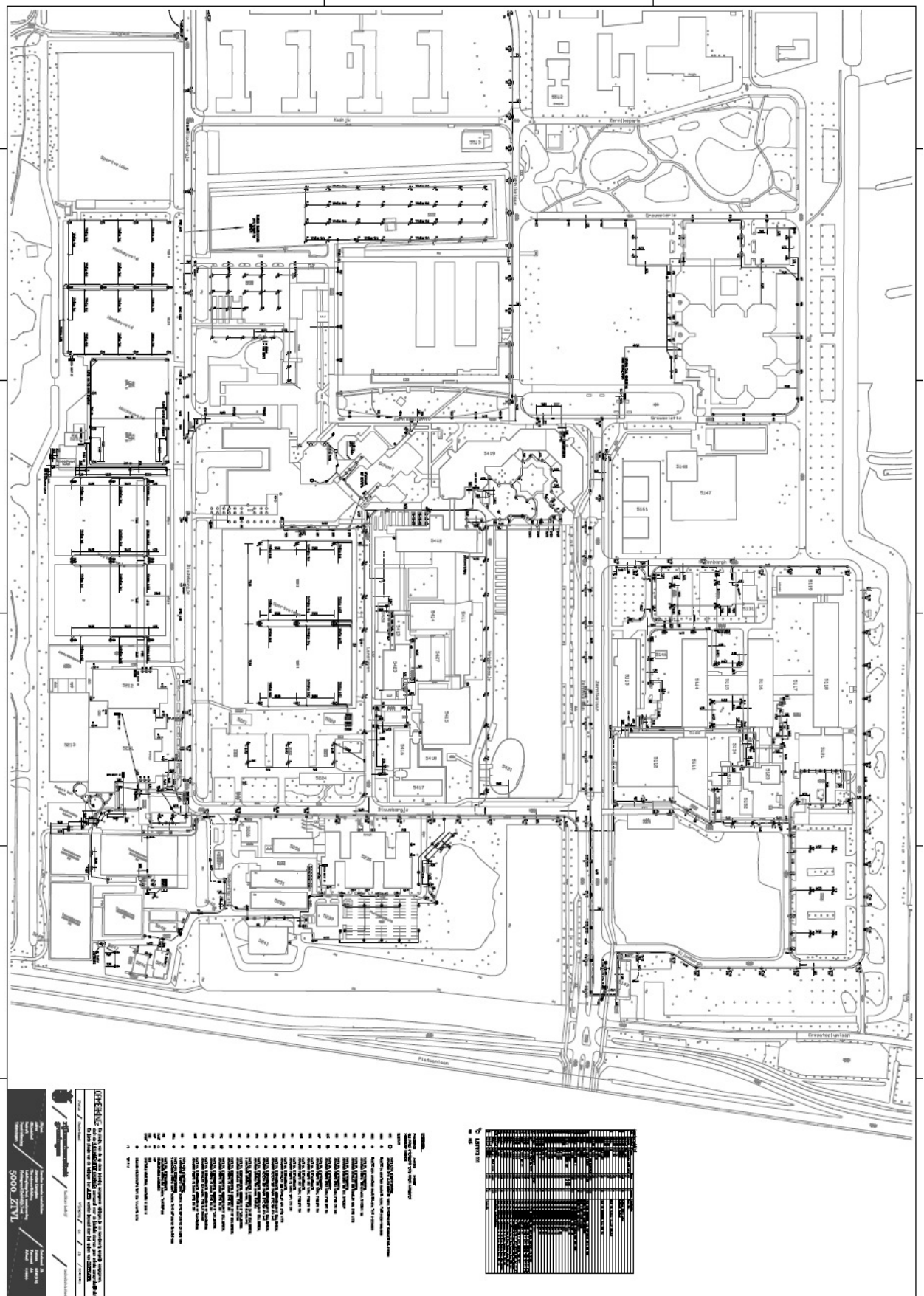
NEN 2007	NEN, EN 12464-2, Werkplekverlichting deel 2: Werkplekken buiten, 1-7-2007
NEN 2008	NEN, EN 12193, Licht en Verlichting: Sportveldverlichting, 1-1-2008
RUG 2011	Website RUG/Duurzaamheid/Bedrijfsvoering/Energie/Meerjarenafspraak
Smit 2011	Kor Smit, RUG/Energiemanager Facilitair Bedrijf, mededeling per e-mail 4-2-2011
Tromp 2011	Ysbrand Tromp, RUG/Installatiebeheerder Elektrotechniek Facilitair Bedrijf, mededeling per e-mail 24-3-2011
Veldhoven 2009	Gemeente Veldhoven, Kostenraming onderhoud, beleidsperiode 5 jaar, prijspeil 2009, niet geïndexeerd, bijlage 5
VSNU 2008	Website VSNU/Media-Item/ VROM, WWI, VSNU en HBO-raad maken afspraken over duurzaamheid in het hoger onderwijs
Wikipedia 2009	Website Wikipedia/Wiki/Wet van Haitz
Zeiler 2009	W. Zeiler, Diverse LED-toepassingen, TVVL Magazine, april 2009

Dankwoord

Hierbij wil ik iedereen bedanken die heeft meegeholpen om dit onderzoek en rapport tot stand te brengen. In het bijzonder wil ik noemen:

Mijn begeleiders Karin Ree (Bèta Wetenschapswinkel/RUG), Danny von Hebel (Facilitair Bedrijf/RUG) en Henk Moll (IVEM/RUG) voor de prettige samenwerking, Jeroen Bryan, Erik Hemelt, Kor Smit, Ysbrand Tromp, Geert-Jan te Velde (allen Facilitair Bedrijf/RUG), Dick Jager (Arbo-Milieudienst/RUG), Gerro Dijkma (Sportcentrum RUG/HG) en diverse bedrijven voor het aanleveren van de gegevens, Tiago Carvalho uit Portugal voor de berekeningen met de Netto Contante Waarde Methode en Annemiek Huizinga (IVEM/RUG) voor het zetten van de puntjes op de i.

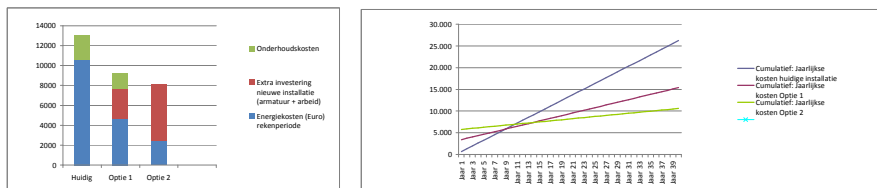
Bijlage 1. Plattegrond Zernike aangeleverd door het Facilitair Bedrijf



Bijlage 2. Parkeerplaats P1

[illegible]

Grafieken



◀ Pas indien gewenst het grafiekgebied nog aan op het gekozen aantal jaren van de rekenperiode. (Klik op grafiek en selecteer vervolgens in gebied B82 - AP86 het juiste aantal jaren)

Invoer gegevens

Uitkomsten

Uitkomsten

Optie	Energiekosten (Euro) rekenperiode	Extra investering nieuwe installatie (armatuur + arbeid)	Onderhoudskosten
Huidig	~80,000	~0	~2,000
Optie 1	~28,000	~0	~2,000
Optie 2	~0	~12,000	~1,000
Optie 3	~0	~15,000	~0



Rekenhulp: Total Costs Of Ownership en Energiebesparing per armatuur										Extra informatie over het invullen									
Aantal uren volledig brandend op 100%		4.200 uur / jaar								<ul style="list-style-type: none"> Vul hier het aantal niet gedimd bedrjdsuren in Vul hier het aantal gedimde bedrjdsuren in Vul hier het totaal aantal bedrjdsuren in Vul hier het aantal armaturen in waarop de businesscase gebaseerd is. 									
Aantal uren gemidd.		4.200 uur / jaar																	
Bedrijfsuren OV (totaal)		42 stuks																	
Totaal aantal armaturen voor business case		20																	
Rekenperiode in jaren :																			
Huidige verlichting												Optie 1				Optie 2			
Zernike P3												Zernike P3				Zernike P3			
Armatuur gegevens												Armatuur gegevens				Armatuur gegevens			
Lichtbron												Lichtbron				Lichtbron			
Lichtstroom												Lichtstroom				Lichtstroom			
Oppervlakte												Oppervlakte				Oppervlakte			
Verlichtingssterkte												Verlichtingssterkte				Verlichtingssterkte			
Aantal lichtbronnen / armatuur												Aantal lichtbronnen / armatuur				Aantal lichtbronnen / armatuur			
Systeemvermogen												Systeemvermogen				Systeemvermogen			
Inschakeling systeemvermogen halverwege de rekenperiode												Inschakeling systeemvermogen halverwege de rekenperiode				Inschakeling systeemvermogen halverwege de rekenperiode			
Dimniveau - Lichtstroom												Dimniveau - Lichtstroom				Dimniveau - Lichtstroom			
Dimniveau - energisch												Dimniveau - energisch				Dimniveau - energisch			
Levensduur gegevens												Levensduur gegevens				Levensduur gegevens			
Levensduur lichtbron												Levensduur lichtbron				Levensduur lichtbron			
Prijs lichtbron												Prijs lichtbron				Prijs lichtbron			
Onderhouds gegevens												Onderhouds gegevens				Onderhouds gegevens			
Eenheidsprijs arbeid voor vervanging van de lichtbron in de groepsomgeving												Eenheidsprijs arbeid voor vervanging van de lichtbron in de groepsomgeving				Eenheidsprijs arbeid voor vervanging van de lichtbron in de groepsomgeving			
Prijs arbeid voor incidenteel herstel												Prijs arbeid voor incidenteel herstel				Prijs arbeid voor incidenteel herstel			
Prijs voor het schoonmaken armatuur												Prijs voor het schoonmaken armatuur				Prijs voor het schoonmaken armatuur			
Kosten voor het vervangen van de VSA gedurende de rekenperiode												Kosten voor het vervangen van de VSA gedurende de rekenperiode				Kosten voor het vervangen van de VSA gedurende de rekenperiode			
Kostprijs / meerinvestering armatuur												Kostprijs / meerinvestering armatuur				Kostprijs / meerinvestering armatuur			
Kosten voor het plaatsen van de armatuur												Kosten voor het plaatsen van de armatuur				Kosten voor het plaatsen van de armatuur			
Percentage uitslag per jaar (slonngen)												Percentage uitslag per jaar (slonngen)				Percentage uitslag per jaar (slonngen)			
Aantal keren lamp remplace gedurende rekenperiode												Aantal keren lamp remplace gedurende rekenperiode				Aantal keren lamp remplace gedurende rekenperiode			
Aantal keren schoonsmaken gedurende rekenperiode												Aantal keren schoonsmaken gedurende rekenperiode				Aantal keren schoonsmaken gedurende rekenperiode			
Energie												Energie				Energie			
Gemiddelde energiekosten gedurende de rekenperiode												Gemiddelde energiekosten gedurende de rekenperiode				Gemiddelde energiekosten gedurende de rekenperiode			
Kostprijs / kWh												Kostprijs / kWh				Kostprijs / kWh			
Kosten per armatuur voor het onderhoud in rekenperiode												Kosten per armatuur voor het onderhoud in rekenperiode				Kosten per armatuur voor het onderhoud in rekenperiode			
Kosten remplace / upgrade (lamp+arbeid)												Kosten remplace / upgrade (lamp+arbeid)				Kosten remplace / upgrade (lamp+arbeid)			
Kosten schoonsmaken armatuur												Kosten schoonsmaken armatuur				Kosten schoonsmaken armatuur			
Kosten incidenteel herstel												Kosten incidenteel herstel				Kosten incidenteel herstel			
Vervangen VSA gedurende de rekenperiode												Vervangen VSA gedurende de rekenperiode				Vervangen VSA gedurende de rekenperiode			
Energieverbruik / jaar												Energieverbruik / jaar				Energieverbruik / jaar			
Kosten per armatuur voor energie in rekenperiode												Kosten per armatuur voor energie in rekenperiode				Kosten per armatuur voor energie in rekenperiode			
Totale expt lasten per armatuur in rekenperiode												Totale expt lasten per armatuur in rekenperiode				Totale expt lasten per armatuur in rekenperiode			
Exploitatiekosten per armatuur per jaar												Exploitatiekosten per armatuur per jaar				Exploitatiekosten per armatuur per jaar			
Expt kosten per jaar												Expt kosten per jaar				Expt kosten per jaar			
Investering in expl. Kosten t.o.v. huidige verlichting in Euro (meer) investering in nieuwe armaturen												Investering in expl. Kosten t.o.v. huidige verlichting in Euro (meer) investering in nieuwe armaturen				Investering in expl. Kosten t.o.v. huidige verlichting in Euro (meer) investering in nieuwe armaturen			
TVI, terugverdientijd in jaren												TVI, terugverdientijd in jaren				TVI, terugverdientijd in jaren			
Besparing in expl.kosten t.o.v. huidig armatuur												Besparing in expl.kosten t.o.v. huidig armatuur				Besparing in expl.kosten t.o.v. huidig armatuur			
Total energieverbruik periode												Total energieverbruik periode				Total energieverbruik periode			
Energie besparing												Energie besparing				Energie besparing			
Uitkomsten voor het gehele project												Uitkomsten voor het gehele project				Uitkomsten voor het gehele project			
Projectopbouw												Projectopbouw				Projectopbouw			
Energie												Energie				Energie			
Energieverbruik (kWh) rekenperiode												Energieverbruik (kWh) rekenperiode				Energieverbruik (kWh) rekenperiode			
Energiekosten (Euro) rekenperiode												Energiekosten (Euro) rekenperiode				Energiekosten (Euro) rekenperiode			
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in kWh												Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in kWh				Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in kWh			
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in %												Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in %				Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in %			
Financien												Financien				Financien			
Extra investering nieuwe installatie (armatuur + arbeid)												Extra investering nieuwe installatie (armatuur + arbeid)				Extra investering nieuwe installatie (armatuur + arbeid)			
Onderhoudskosten												Onderhoudskosten				Onderhoudskosten			
Jaarlijks besparing op onderhoud en energiekosten												Jaarlijks besparing op onderhoud en energiekosten				Jaarlijks besparing op onderhoud en energiekosten			
TVI ten opzichte van de huidige situatie in jaren												TVI ten opzichte van de huidige situatie in jaren				TVI ten opzichte van de huidige situatie in jaren			
Grote kosten gedurende rekenperiode												Grote kosten gedurende rekenperiode				Grote kosten gedurende rekenperiode			
Nieuw project												Nieuw project				Nieuw project			
Cumulatief Jaarlijkse kosten huidige installatie												Cumulatief Jaarlijkse kosten huidige installatie				Cumulatief Jaarlijkse kosten huidige installatie			
Cumulatief Jaarlijkse kosten Optie 1												Cumulatief Jaarlijkse kosten Optie 1				Cumulatief Jaarlijkse kosten Optie 1			
Cumulatief Jaarlijkse kosten Optie 2												Cumulatief Jaarlijkse kosten Optie 2				Cumulatief Jaarlijkse kosten Optie 2			

Figure 10: Comparison of investment options

The figure consists of two charts comparing three investment options: 'Huidig' (Current), 'Optie 1', and 'Optie 2'.

Left Chart: Stacked Bar Chart of Costs (Euro)

The y-axis represents costs in Euros, ranging from 0 to 7000. The x-axis lists the three options. The bars are stacked with the following components:

- Energiekosten (Euro) rekenperiode** (Blue)
- Extra investering nieuwe installatie (armatuur + arbeid)** (Red)
- Onderhoudskosten** (Green)

Right Chart: Cumulative Costs Over Time (Euro)

The y-axis represents cumulative costs in Euros, ranging from 0 to 140,000. The x-axis shows time from Jan 1 to Jan 37. The chart displays four lines:

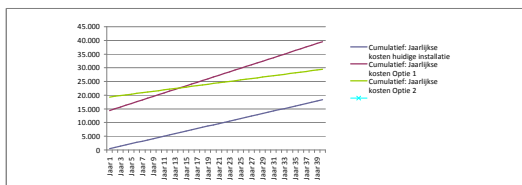
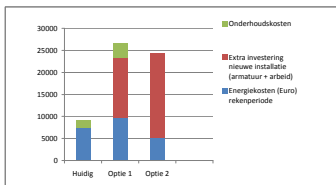
- Cumulatief jaarlijkse kosten huidige installatie** (Blue line)
- Cumulatief jaarlijkse kosten Optie 1** (Red line)
- Cumulatief jaarlijkse kosten Optie 2** (Green line)
- Kosten Optie 2** (Cyan line)

◀ Pas indien gewenst het grafiekgebied nog aan op het gekozen aantal jaren van de rekenperiode. (klik op grafiek en selecteer vervolgens in gebied B82 - AP86 het juiste aantal jaren)

Bijlage 5. Parkeerplaats P5

[illegible]

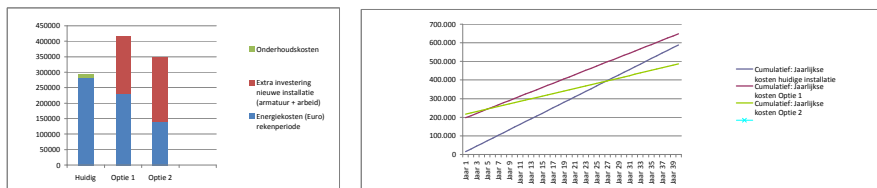
Grafieken



◀ Pas indien gewenst het grafiekgebied nog aan op het gekozen aantal jaren van de rekenperiode. (klik op grafiek en selecteer vervolgens in gebied B82 - AP86 het juiste aantal jaren)

Bijlage 6. Voetbalvelden

Grafieken

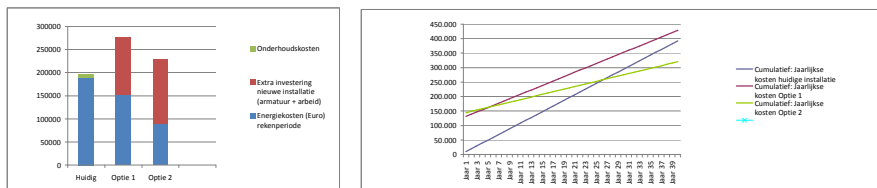


◀ Pas indien gewenst het grafiekgebied nog aan op het gekozen aantal jaren van de rekenperiode. (klik op grafiek en selecteer vervolgens in gebied B82 - AP86 het juiste aantal jaren)

Bijlage 7. Hockeyvelden

[illegible]

Grafieken



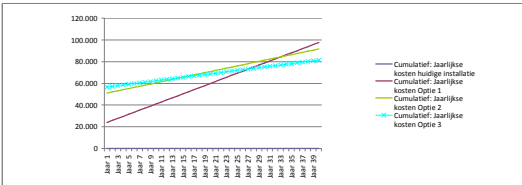
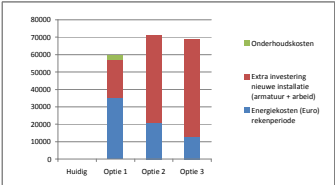
◀ Pas indien gewenst het grafiekgebied nog aan op het gekozen aantal jaren van de rekenperiode. (Klik op grafiek en selecteer vervolgens in gebied B82 - AP86 het juiste aantal jaren)

Bijlage 8. Tennisvelden

Invoer gegevens

Rekenhulp: Total Costs of Ownership and Energiebesparing per armatuur										Extra informatie over het invullen																																											
Aantal uren volledig brandend op 100%		700 uur / jaar		Aantal uren gedimd		0 uur / jaar		Bedrijfsuren OV (bataal)		700 uur / jaar		Totaal aantal armaturen voor business case		12 stuks		Rekenperiode in jaren :		20		Agenschap NL Algemeent van Volkechtvoering, Kunstedijkje Ouderling en Milieuheer		• Vul hier het aantal niet gedimde bedrjfsuren in		• Vul hier het aantal gedimde bedrjfsuren in		• Vul hier het totaal aantal bedrjfsuren in		• Vul hier het aantal armaturen in waarop de businesscase gebaseerd is.																									

Grafieken



Pas indien gewenst het grafiekgebied nog aan op het gekozen aantal jaren van de rekenperiode. (Klik op grafiek en selecteer vervolgens in gebied B62 - AP86 het juiste aantal jaren)

Bijlage 9

parking place P1 - present situation - 2015 replacement

year	electricity price	energy cost	discounted	investment cost	maintenance cost	discounted	discount rate +1	1,02
2011	0,105	€ 264,60	€ 264,60	€ 0,00	€ 16,00 (failure)	€ 280,60		
2012	0,112	€ 283,12	€ 277,57	€ 0,00	€ 186,00 (replacement+failure)	€ 459,92		
2013	0,120	€ 302,94	€ 291,18	€ 0,00	€ 16,00	€ 306,56		
2014	0,129	€ 324,15	€ 305,45	€ 0,00	€ 186,00	€ 480,72		
2015	0,138	€ 346,84	€ 320,42		€ 16,00	€ 335,20		
2016	0,147	€ 371,12	€ 336,13		€ 186,00	€ 504,60		
2017	0,158	€ 397,09	€ 352,61		€ 16,00	€ 366,81		
2018	0,169	€ 424,89	€ 424,89		€ 186,00	€ 531,82		
2019	0,180	€ 454,63	€ 454,63		€ 16,00	€ 401,68		
2020	0,193	€ 486,46	€ 486,46		€ 186,00	€ 562,68		
2021	0,207	€ 520,51	€ 520,51		€ 516,00 (VSA+failure)	€ 850,30		
2022	0,221	€ 556,94	€ 556,94		€ 186,00	€ 597,52		
2023	0,236	€ 595,93	€ 595,93		€ 16,00	€ 482,50		
2024	0,253	€ 637,64	€ 637,64		€ 186,00	€ 636,70		
2025	0,271	€ 682,28	€ 682,28		€ 16,00	€ 529,21		
2026	0,290	€ 730,04	€ 730,04		€ 186,00	€ 680,63		
2027	0,310	€ 781,14	€ 781,14		€ 16,00	€ 580,68		
2028	0,332	€ 835,82	€ 835,82		€ 186,00	€ 729,75		
2029	0,355	€ 894,33	€ 894,33		€ 16,00	€ 637,38		
2030	0,380	€ 956,93	€ 956,93		€ 186,00	€ 784,54		
total		€ 10.847,41		€ 0,00	€ 2.520,00	€ 10.739,81		

parking place P1 - option 1

year	electricity price	energy cost	investment cost	maintenance cost	discounted	1,02
2011	0,105	€ 114,66	€ 3.110,00	€ 10,00 (failure)	€ 124,66	
2012	0,112	€ 122,69	select	€ 10,00	€ 130,08	
2013	0,120	€ 131,27	select	€ 10,00	€ 135,79	
2014	0,129	€ 140,46	select	€ 180,00 (replacement+failure)	€ 301,98	
2015	0,138	€ 150,30		€ 10,00	€ 148,09	
2016	0,147	€ 160,82		€ 10,00	€ 154,71	
2017	0,158	€ 172,07		€ 10,00	€ 161,68	
2018	0,169	€ 184,12		€ 180,00	€ 316,99	
2019	0,180	€ 197,01		€ 10,00	€ 176,68	
2020	0,193	€ 210,80		€ 10,00	€ 184,75	
2021	0,207	€ 225,55		€ 510,00 (VSA+failure)	€ 603,41	
2022	0,221	€ 241,34		€ 180,00	€ 338,87	
2023	0,236	€ 258,24		€ 10,00	€ 211,50	
2024	0,253	€ 276,31		€ 10,00	€ 221,33	
2025	0,271	€ 295,65		€ 10,00	€ 231,65	
2026	0,290	€ 316,35		€ 180,00	€ 368,80	
2027	0,310	€ 338,50		€ 10,00	€ 253,86	
2028	0,332	€ 362,19		€ 10,00	€ 265,80	
2029	0,355	€ 387,54		€ 10,00	€ 278,34	
2030	0,380	€ 414,67		€ 180,00	€ 408,20	
total		€ 4.700,54	€ 3.110,00	€ 1.550,00	€ 8.127,17	

parking place P1 - option 2

year	electricity price	energy cost	investment cost	maintenance cost		1,02
2011	0,105	€ 61,74	€ 5.650,00	€ 0,00	€ 61,74	
2012	0,112	€ 66,06	select	€ 0,00	€ 64,77	
2013	0,120	€ 70,69	select	€ 0,00	€ 67,94	
2014	0,129	€ 75,63	select	€ 0,00	€ 71,27	
2015	0,138	€ 80,93		€ 0,00	€ 74,77	
2016	0,147	€ 86,59		€ 0,00	€ 78,43	
2017	0,158	€ 92,66		€ 0,00	€ 82,28	
2018	0,169	€ 99,14		€ 0,00	€ 86,31	
2019	0,180	€ 106,08		€ 0,00	€ 90,54	
2020	0,193	€ 113,51		€ 0,00	€ 94,98	
2021	0,207	€ 121,45		€ 0,00	€ 99,63	
2022	0,221	€ 129,95		€ 0,00	€ 104,52	
2023	0,236	€ 139,05		€ 0,00	€ 109,64	
2024	0,253	€ 148,78		€ 0,00	€ 115,01	
2025	0,271	€ 159,20		€ 0,00	€ 120,65	
2026	0,290	€ 170,34		€ 0,00	€ 126,57	
2027	0,310	€ 182,27		€ 0,00	€ 132,77	
2028	0,332	€ 195,03		€ 0,00	€ 139,28	
2029	0,355	€ 208,68		€ 0,00	€ 146,11	
2030	0,380	€ 223,28		€ 0,00	€ 153,27	
total		€ 2.531,06	€ 5.650,00	€ 0,00	€ 7.670,47	

investment in 2012 or 2014

parking place P1 - option 1

Investment in 2012

year	electricity price	energy cost	investment cost	maintenance cost	discounted	1,02
2011	0,105	€ 264,60	€ 264,60	€ 0,00	€ 280,60	
2012	0,112	€ 122,69	€ 3.110,00	€ 16,00 (failure)	€ 130,08	
2013	0,120	€ 131,27	select	€ 10,00	€ 135,79	
2014	0,129	€ 140,46	select	€ 180,00 (replacement+failure)	€ 301,98	
2015	0,138	€ 150,30		€ 10,00	€ 148,09	
2016	0,147	€ 160,82		€ 10,00	€ 154,71	
2017	0,158	€ 172,07		€ 10,00	€ 161,68	
2018	0,169	€ 184,12		€ 180,00	€ 316,99	
2019	0,180	€ 197,01		€ 10,00	€ 176,68	
2020	0,193	€ 210,80		€ 10,00	€ 184,75	
2021	0,207	€ 225,55		€ 510,00 (VSA+failure)	€ 603,41	
2022	0,221	€ 241,34		€ 180,00	€ 338,87	
2023	0,236	€ 258,24		€ 10,00	€ 211,50	
2024	0,253	€ 276,31		€ 10,00	€ 221,33	
2025	0,271	€ 295,65		€ 10,00	€ 231,65	
2026	0,290	€ 316,35		€ 180,00	€ 368,80	
2027	0,310	€ 338,50		€ 10,00	€ 253,86	
2028	0,332	€ 362,19		€ 10,00	€ 265,80	
2029	0,355	€ 387,54		€ 10,00	€ 278,34	
2030	0,380	€ 414,67		€ 180,00	€ 408,20	
total		€ 4.850,48	€ 3.110,00	€ 1.556,00	€ 8.222,13	

parking place P1 - option 1**Investment in 2014**

year	electricity price	energy cost	investment cost	maintenance cost	discounted	1,02
2011	0,105	€ 264,60	€ 264,60	€ 16,00 (failure)	€ 280,60	
2012	0,112	€ 283,12		€ 186,00	€ 459,92	
2013	0,120	€ 302,94	select	€ 16,00	€ 306,56	
2014	0,129	€ 140,46	€ 3.110,00	€ 10,00 (replacement+failure)	€ 141,79	
2015	0,138	€ 150,30		€ 10,00	€ 148,09	
2016	0,147	€ 160,82		€ 10,00	€ 154,71	
2017	0,158	€ 172,07		€ 10,00	€ 161,68	
2018	0,169	€ 184,12		€ 180,00	€ 316,99	
2019	0,180	€ 197,01		€ 10,00	€ 176,68	
2020	0,193	€ 210,80		€ 10,00	€ 184,75	
2021	0,207	€ 225,55		€ 510,00 (VSA+failure)	€ 603,41	
2022	0,221	€ 241,34		€ 180,00	€ 338,87	
2023	0,236	€ 258,24		€ 10,00	€ 211,50	
2024	0,253	€ 276,31		€ 10,00	€ 221,33	
2025	0,271	€ 295,65		€ 10,00	€ 231,65	
2026	0,290	€ 316,35		€ 180,00	€ 368,80	
2027	0,310	€ 338,50		€ 10,00	€ 253,86	
2028	0,332	€ 362,19		€ 10,00	€ 265,80	
2029	0,355	€ 387,54		€ 10,00	€ 278,34	
2030	0,380	€ 414,67		€ 180,00	€ 408,20	
total		€ 5.182,59	€ 3.110,00	€ 1.568,00	€ 8.444,15	

parking place P1 - option 2**Investment 2012**

year	electricity price	energy cost	investment cost	maintenance cost	discounted	1,02
2011	0,105	€ 264,60		€ 16,00	€ 280,60	
2012	0,112	€ 66,06	€ 5.650,00	€ 0,00	€ 64,77	
2013	0,120	€ 70,69	select	€ 0,00	€ 67,94	
2014	0,129	€ 75,63	select	€ 0,00	€ 71,27	
2015	0,138	€ 80,93		€ 0,00	€ 74,77	
2016	0,147	€ 86,59		€ 0,00	€ 78,43	
2017	0,158	€ 92,66		€ 0,00	€ 82,28	
2018	0,169	€ 99,14		€ 0,00	€ 86,31	
2019	0,180	€ 106,08		€ 0,00	€ 90,54	
2020	0,193	€ 113,51		€ 0,00	€ 94,98	
2021	0,207	€ 121,45		€ 0,00	€ 99,63	
2022	0,221	€ 129,95		€ 0,00	€ 104,52	
2023	0,236	€ 139,05		€ 0,00	€ 109,64	
2024	0,253	€ 148,78		€ 0,00	€ 115,01	
2025	0,271	€ 159,20		€ 0,00	€ 120,65	
2026	0,290	€ 170,34		€ 0,00	€ 126,57	
2027	0,310	€ 182,27		€ 0,00	€ 132,77	
2028	0,332	€ 195,03		€ 0,00	€ 139,28	
2029	0,355	€ 208,68		€ 0,00	€ 146,11	
2030	0,380	€ 223,28		€ 0,00	€ 153,27	
total		€ 2.733,92	€ 5.650,00	€ 16,00	€ 7.778,54	

parking place P1 - option 2**Investment 2014**

year	electricity price	energy cost	investment cost	maintenance cost		1,02
2011	0,105	€ 264,60		€ 16,00	€ 280,60	
2012	0,112	€ 283,12	select	€ 186,00	€ 459,92	
2013	0,120	€ 302,94		€ 16,00	€ 306,56	
2014	0,129	€ 75,63	€ 5.650,00	€ 0,00	€ 71,27	
2015	0,138	€ 80,93		€ 0,00	€ 74,77	
2016	0,147	€ 86,59		€ 0,00	€ 78,43	
2017	0,158	€ 92,66		€ 0,00	€ 82,28	
2018	0,169	€ 99,14		€ 0,00	€ 86,31	
2019	0,180	€ 106,08		€ 0,00	€ 90,54	
2020	0,193	€ 113,51		€ 0,00	€ 94,98	
2021	0,207	€ 121,45		€ 0,00	€ 99,63	
2022	0,221	€ 129,95		€ 0,00	€ 104,52	
2023	0,236	€ 139,05		€ 0,00	€ 109,64	
2024	0,253	€ 148,78		€ 0,00	€ 115,01	
2025	0,271	€ 159,20		€ 0,00	€ 120,65	
2026	0,290	€ 170,34		€ 0,00	€ 126,57	
2027	0,310	€ 182,27		€ 0,00	€ 132,77	
2028	0,332	€ 195,03		€ 0,00	€ 139,28	
2029	0,355	€ 208,68		€ 0,00	€ 146,11	
2030	0,380	€ 223,28		€ 0,00	€ 153,27	
total		€ 3.183,24	€ 5.650,00	€ 218,00	€ 8.197,22	

Bijlage 10

parking place P1 - present situation - 2015 replacement

year	electricity price	energy cost	discounted investment cost	maintenance cost	discounted	discount rate +1	1,03
2011	0,105	€ 264,60	€ 264,60	€ 0,00	€ 16,00 (failure)	€ 280,60	
2012	0,112	€ 283,12	€ 274,88	€ 0,00	€ 186,00 (replacement+failure)	€ 455,46	
2013	0,120	€ 302,94	€ 285,55	€ 0,00	€ 16,00	€ 300,63	
2014	0,129	€ 324,15	€ 296,64	€ 0,00	€ 186,00	€ 466,86	
2015	0,138	€ 346,84	€ 308,16	€ 0,00	€ 16,00	€ 322,38	
2016	0,147	€ 371,12	€ 320,13	€ 0,00	€ 186,00	€ 480,57	
2017	0,158	€ 397,09	€ 332,56	€ 0,00	€ 16,00	€ 345,96	
2018	0,169	€ 424,89	€ 424,89	€ 0,00	€ 186,00	€ 496,71	
2019	0,180	€ 454,63	€ 454,63	€ 0,00	€ 16,00	€ 371,52	
2020	0,193	€ 486,46	€ 486,46	€ 0,00	€ 186,00	€ 515,38	
2021	0,207	€ 520,51	€ 520,51	€ 0,00	€ 516,00 (VSA+failure)	€ 771,26	
2022	0,221	€ 556,94	€ 556,94	€ 0,00	€ 186,00	€ 536,72	
2023	0,236	€ 595,93	€ 595,93	€ 0,00	€ 16,00	€ 429,20	
2024	0,253	€ 637,64	€ 637,64	€ 0,00	€ 186,00	€ 560,86	
2025	0,271	€ 682,28	€ 682,28	€ 0,00	€ 16,00	€ 461,65	
2026	0,290	€ 730,04	€ 730,04	€ 0,00	€ 186,00	€ 587,97	
2027	0,310	€ 781,14	€ 781,14	€ 0,00	€ 16,00	€ 496,75	
2028	0,332	€ 835,82	€ 835,82	€ 0,00	€ 186,00	€ 618,22	
2029	0,355	€ 894,33	€ 894,33	€ 0,00	€ 16,00	€ 534,72	
2030	0,380	€ 956,93	€ 956,93	€ 0,00	€ 186,00	€ 651,80	
total		€ 10.847,41	€ 0,00	€ 2.520,00	€ 9.685,21		

parking place P1 - option 1

year	electricity price	energy cost	investment cost	maintenance cost	discounted	1,03
2011	0,105	€ 114,66	€ 3.110,00	€ 10,00 (failure)	€ 124,66	
2012	0,112	€ 122,69	select	€ 10,00	€ 128,82	
2013	0,120	€ 131,27	select	€ 10,00	€ 133,16	
2014	0,129	€ 140,46	select	€ 180,00 (replacement+failure)	€ 293,27	
2015	0,138	€ 150,30		€ 10,00	€ 142,42	
2016	0,147	€ 160,82		€ 10,00	€ 147,35	
2017	0,158	€ 172,07		€ 10,00	€ 152,48	
2018	0,169	€ 184,12		€ 180,00	€ 296,06	
2019	0,180	€ 197,01		€ 10,00	€ 163,41	
2020	0,193	€ 210,80		€ 10,00	€ 169,22	
2021	0,207	€ 225,55		€ 510,00 (VSA+failure)	€ 547,32	
2022	0,221	€ 241,34		€ 180,00	€ 304,39	
2023	0,236	€ 258,24		€ 10,00	€ 188,14	
2024	0,253	€ 276,31		€ 10,00	€ 194,97	
2025	0,271	€ 295,65		€ 10,00	€ 202,07	
2026	0,290	€ 316,35		€ 180,00	€ 318,59	
2027	0,310	€ 338,50		€ 10,00	€ 217,17	
2028	0,332	€ 362,19		€ 10,00	€ 225,18	
2029	0,355	€ 387,54		€ 10,00	€ 233,51	
2030	0,380	€ 414,67		€ 180,00	€ 339,13	
total		€ 4.700,54	€ 3.110,00	€ 1.550,00	€ 7.631,34	

parking place P1 - option 2

year	electricity price	energy cost	investment cost	maintenance cost		1,03
2011	0,105	€ 61,74	€ 5.650,00	€ 0,00	€ 61,74	
2012	0,112	€ 66,06	select	€ 0,00	€ 64,14	
2013	0,120	€ 70,69	select	€ 0,00	€ 66,63	
2014	0,129	€ 75,63	select	€ 0,00	€ 69,22	
2015	0,138	€ 80,93		€ 0,00	€ 71,90	
2016	0,147	€ 86,59		€ 0,00	€ 74,70	
2017	0,158	€ 92,66		€ 0,00	€ 77,60	
2018	0,169	€ 99,14		€ 0,00	€ 80,61	
2019	0,180	€ 106,08		€ 0,00	€ 83,74	
2020	0,193	€ 113,51		€ 0,00	€ 86,99	
2021	0,207	€ 121,45		€ 0,00	€ 90,37	
2022	0,221	€ 129,95		€ 0,00	€ 93,88	
2023	0,236	€ 139,05		€ 0,00	€ 97,53	
2024	0,253	€ 148,78		€ 0,00	€ 101,31	
2025	0,271	€ 159,20		€ 0,00	€ 105,25	
2026	0,290	€ 170,34		€ 0,00	€ 109,34	
2027	0,310	€ 182,27		€ 0,00	€ 113,58	
2028	0,332	€ 195,03		€ 0,00	€ 117,99	
2029	0,355	€ 208,68		€ 0,00	€ 122,58	
2030	0,380	€ 223,28		€ 0,00	€ 127,34	
total		€ 2.531,06	€ 5.650,00	€ 0,00	€ 7.466,43	

investment in 2012 or 2014

parking place P1 - option 1

Investment in 2012

year	electricity price	energy cost	investment cost	maintenance cost	discounted	1,03
2011	0,105	€ 264,60	€ 264,60	€ 0,00	€ 280,60	
2012	0,112	€ 122,69	€ 3.110,00	€ 16,00 (failure)	€ 128,82	
2013	0,120	€ 131,27	select	€ 10,00	€ 133,16	
2014	0,129	€ 140,46	select	€ 180,00 (replacement+failure)	€ 293,27	
2015	0,138	€ 150,30		€ 10,00	€ 142,42	
2016	0,147	€ 160,82		€ 10,00	€ 147,35	
2017	0,158	€ 172,07		€ 10,00	€ 152,48	
2018	0,169	€ 184,12		€ 180,00	€ 296,06	
2019	0,180	€ 197,01		€ 10,00	€ 163,41	
2020	0,193	€ 210,80		€ 10,00	€ 169,22	
2021	0,207	€ 225,55		€ 510,00 (VSA+failure)	€ 547,32	
2022	0,221	€ 241,34		€ 180,00	€ 304,39	
2023	0,236	€ 258,24		€ 10,00	€ 188,14	
2024	0,253	€ 276,31		€ 10,00	€ 194,97	
2025	0,271	€ 295,65		€ 10,00	€ 202,07	
2026	0,290	€ 316,35		€ 180,00	€ 318,59	
2027	0,310	€ 338,50		€ 10,00	€ 217,17	
2028	0,332	€ 362,19		€ 10,00	€ 225,18	
2029	0,355	€ 387,54		€ 10,00	€ 233,51	
2030	0,380	€ 414,67		€ 180,00	€ 339,13	
total		€ 4.850,48	€ 3.110,00	€ 1.556,00	€ 7.696,69	

parking place P1 - option 1**Investment in 2014**

year	electricity price	energy cost	investment cost	maintenance cost	discounted	1,03
2011	0,105	€ 264,60	€ 264,60	€ 0,00	€ 16,00 (failure)	€ 280,60
2012	0,112	€ 283,12			€ 186,00	€ 455,46
2013	0,120	€ 302,94	select		€ 16,00	€ 300,63
2014	0,129	€ 140,46	€ 3.110,00		€ 10,00 (replacement+failure)	€ 137,70
2015	0,138	€ 150,30			€ 10,00	€ 142,42
2016	0,147	€ 160,82			€ 10,00	€ 147,35
2017	0,158	€ 172,07			€ 10,00	€ 152,48
2018	0,169	€ 184,12			€ 180,00	€ 296,06
2019	0,180	€ 197,01			€ 10,00	€ 163,41
2020	0,193	€ 210,80			€ 10,00	€ 169,22
2021	0,207	€ 225,55			€ 510,00 (VSA+failure)	€ 547,32
2022	0,221	€ 241,34			€ 180,00	€ 304,39
2023	0,236	€ 258,24			€ 10,00	€ 188,14
2024	0,253	€ 276,31			€ 10,00	€ 194,97
2025	0,271	€ 295,65			€ 10,00	€ 202,07
2026	0,290	€ 316,35			€ 180,00	€ 318,59
2027	0,310	€ 338,50			€ 10,00	€ 217,17
2028	0,332	€ 362,19			€ 10,00	€ 225,18
2029	0,355	€ 387,54			€ 10,00	€ 233,51
2030	0,380	€ 414,67			€ 180,00	€ 339,13
total		€ 5.182,59	€ 3.110,00	€ 1.568,00	€ 7.861,90	

parking place P1 - option 2**Investment 2012**

year	electricity price	energy cost	investment cost	maintenance cost	discounted	1,03
2011	0,105	€ 264,60		€ 16,00	€ 280,60	
2012	0,112	€ 66,06	€ 5.650,00	€ 0,00	€ 64,14	
2013	0,120	€ 70,69	select	€ 0,00	€ 66,63	
2014	0,129	€ 75,63	select	€ 0,00	€ 69,22	
2015	0,138	€ 80,93		€ 0,00	€ 71,90	
2016	0,147	€ 86,59		€ 0,00	€ 74,70	
2017	0,158	€ 92,66		€ 0,00	€ 77,60	
2018	0,169	€ 99,14		€ 0,00	€ 80,61	
2019	0,180	€ 106,08		€ 0,00	€ 83,74	
2020	0,193	€ 113,51		€ 0,00	€ 86,99	
2021	0,207	€ 121,45		€ 0,00	€ 90,37	
2022	0,221	€ 129,95		€ 0,00	€ 93,88	
2023	0,236	€ 139,05		€ 0,00	€ 97,53	
2024	0,253	€ 148,78		€ 0,00	€ 101,31	
2025	0,271	€ 159,20		€ 0,00	€ 105,25	
2026	0,290	€ 170,34		€ 0,00	€ 109,34	
2027	0,310	€ 182,27		€ 0,00	€ 113,58	
2028	0,332	€ 195,03		€ 0,00	€ 117,99	
2029	0,355	€ 208,68		€ 0,00	€ 122,58	
2030	0,380	€ 223,28		€ 0,00	€ 127,34	
total		€ 2.733,92	€ 5.650,00	€ 16,00	€ 7.520,73	

parking place P1 - option 2**Investment 2014**

year	electricity price	energy cost	investment cost	maintenance cost		1,03
2011	0,105	€ 264,60		€ 16,00	€ 280,60	
2012	0,112	€ 283,12	select	€ 186,00	€ 455,46	
2013	0,120	€ 302,94		€ 16,00	€ 300,63	
2014	0,129	€ 75,63	€ 5.650,00	€ 0,00	€ 69,22	
2015	0,138	€ 80,93		€ 0,00	€ 71,90	
2016	0,147	€ 86,59		€ 0,00	€ 74,70	
2017	0,158	€ 92,66		€ 0,00	€ 77,60	
2018	0,169	€ 99,14		€ 0,00	€ 80,61	
2019	0,180	€ 106,08		€ 0,00	€ 83,74	
2020	0,193	€ 113,51		€ 0,00	€ 86,99	
2021	0,207	€ 121,45		€ 0,00	€ 90,37	
2022	0,221	€ 129,95		€ 0,00	€ 93,88	
2023	0,236	€ 139,05		€ 0,00	€ 97,53	
2024	0,253	€ 148,78		€ 0,00	€ 101,31	
2025	0,271	€ 159,20		€ 0,00	€ 105,25	
2026	0,290	€ 170,34		€ 0,00	€ 109,34	
2027	0,310	€ 182,27		€ 0,00	€ 113,58	
2028	0,332	€ 195,03		€ 0,00	€ 117,99	
2029	0,355	€ 208,68		€ 0,00	€ 122,58	
2030	0,380	€ 223,28		€ 0,00	€ 127,34	
total		€ 3.183,24	€ 5.650,00	€ 218,00	€ 7.831,17	

Bijlage 11

parking place P1 - present situation - 2015 replacement

year	electricity price	energy cost	discounted	investment cost	maintenance cost	discounted	discount rate +1	1,04
2011	0,105	€ 264,60	€ 264,60	€ 0,00	€ 16,00 (failure)	€ 280,60		
2012	0,112	€ 283,12	€ 272,23	€ 0,00	€ 186,00 (replacement+failure)	€ 451,08		
2013	0,120	€ 302,94	€ 280,09	€ 0,00	€ 16,00	€ 294,88		
2014	0,129	€ 324,15	€ 288,16	€ 0,00	€ 186,00	€ 453,52		
2015	0,138	€ 346,84	€ 296,48		€ 16,00	€ 310,15		
2016	0,147	€ 371,12	€ 305,03		€ 186,00	€ 457,91		
2017	0,158	€ 397,09	€ 313,83		€ 16,00	€ 326,47		
2018	0,169	€ 424,89	€ 424,89		€ 186,00	€ 464,23		
2019	0,180	€ 454,63	€ 454,63		€ 16,00	€ 343,89		
2020	0,193	€ 486,46	€ 486,46		€ 186,00	€ 472,46		
2021	0,207	€ 520,51	€ 520,51		€ 516,00 (VSA+failure)	€ 700,23		
2022	0,221	€ 556,94	€ 556,94		€ 186,00	€ 482,60		
2023	0,236	€ 595,93	€ 595,93		€ 16,00	€ 382,21		
2024	0,253	€ 637,64	€ 637,64		€ 186,00	€ 494,66		
2025	0,271	€ 682,28	€ 682,28		€ 16,00	€ 403,24		
2026	0,290	€ 730,04	€ 730,04		€ 186,00	€ 508,64		
2027	0,310	€ 781,14	€ 781,14		€ 16,00	€ 425,60		
2028	0,332	€ 835,82	€ 835,82		€ 186,00	€ 524,58		
2029	0,355	€ 894,33	€ 894,33		€ 16,00	€ 449,36		
2030	0,380	€ 956,93	€ 956,93		€ 186,00	€ 542,48		
total		€ 10.847,41		€ 0,00	€ 2.520,00	€ 8.768,79		

parking place P1 - option 1

year	electricity price	energy cost	investment cost	maintenance cost	discounted	1,04
2011	0,105	€ 114,66	€ 3.110,00	€ 10,00 (failure)	€ 124,66	
2012	0,112	€ 122,69	select	€ 10,00	€ 127,58	
2013	0,120	€ 131,27	select	€ 10,00	€ 130,62	
2014	0,129	€ 140,46	select	€ 180,00 (replacement+failure)	€ 284,89	
2015	0,138	€ 150,30		€ 10,00	€ 137,02	
2016	0,147	€ 160,82		€ 10,00	€ 140,40	
2017	0,158	€ 172,07		€ 10,00	€ 143,90	
2018	0,169	€ 184,12		€ 180,00	€ 276,70	
2019	0,180	€ 197,01		€ 10,00	€ 151,26	
2020	0,193	€ 210,80		€ 10,00	€ 155,13	
2021	0,207	€ 225,55		€ 510,00 (VSA+failure)	€ 496,91	
2022	0,221	€ 241,34		€ 180,00	€ 273,70	
2023	0,236	€ 258,24		€ 10,00	€ 167,54	
2024	0,253	€ 276,31		€ 10,00	€ 171,95	
2025	0,271	€ 295,65		€ 10,00	€ 176,51	
2026	0,290	€ 316,35		€ 180,00	€ 275,61	
2027	0,310	€ 338,50		€ 10,00	€ 186,06	
2028	0,332	€ 362,19		€ 10,00	€ 191,07	
2029	0,355	€ 387,54		€ 10,00	€ 196,24	
2030	0,380	€ 414,67		€ 180,00	€ 282,26	
total		€ 4.700,54	€ 3.110,00	€ 1.550,00	€ 7.200,00	

parking place P1 - option 2

year	electricity price	energy cost	investment cost	maintenance cost		1,04
2011	0,105	€ 61,74	€ 5.650,00	€ 0,00	€ 61,74	
2012	0,112	€ 66,06	select	€ 0,00	€ 63,52	
2013	0,120	€ 70,69	select	€ 0,00	€ 65,35	
2014	0,129	€ 75,63	select	€ 0,00	€ 67,24	
2015	0,138	€ 80,93		€ 0,00	€ 69,18	
2016	0,147	€ 86,59		€ 0,00	€ 71,17	
2017	0,158	€ 92,66		€ 0,00	€ 73,23	
2018	0,169	€ 99,14		€ 0,00	€ 75,34	
2019	0,180	€ 106,08		€ 0,00	€ 77,51	
2020	0,193	€ 113,51		€ 0,00	€ 79,75	
2021	0,207	€ 121,45		€ 0,00	€ 82,05	
2022	0,221	€ 129,95		€ 0,00	€ 84,42	
2023	0,236	€ 139,05		€ 0,00	€ 86,85	
2024	0,253	€ 148,78		€ 0,00	€ 89,36	
2025	0,271	€ 159,20		€ 0,00	€ 91,93	
2026	0,290	€ 170,34		€ 0,00	€ 94,59	
2027	0,310	€ 182,27		€ 0,00	€ 97,31	
2028	0,332	€ 195,03		€ 0,00	€ 100,12	
2029	0,355	€ 208,68		€ 0,00	€ 103,01	
2030	0,380	€ 223,28		€ 0,00	€ 105,98	
total		€ 2.531,06	€ 5.650,00	€ 0,00	€ 7.289,64	

investment in 2012 or 2014

parking place P1 - option 1

Investment in 2012

year	electricity price	energy cost	investment cost	maintenance cost	discounted	1,04
2011	0,105	€ 264,60	€ 264,60	€ 0,00	€ 280,60	
2012	0,112	€ 122,69	€ 3.110,00	€ 16,00 (failure)	€ 127,58	
2013	0,120	€ 131,27	select	€ 10,00	€ 130,62	
2014	0,129	€ 140,46	select	€ 180,00 (replacement+failure)	€ 284,89	
2015	0,138	€ 150,30		€ 10,00	€ 137,02	
2016	0,147	€ 160,82		€ 10,00	€ 140,40	
2017	0,158	€ 172,07		€ 10,00	€ 143,90	
2018	0,169	€ 184,12		€ 180,00	€ 276,70	
2019	0,180	€ 197,01		€ 10,00	€ 151,26	
2020	0,193	€ 210,80		€ 10,00	€ 155,13	
2021	0,207	€ 225,55		€ 510,00 (VSA+failure)	€ 496,91	
2022	0,221	€ 241,34		€ 180,00	€ 273,70	
2023	0,236	€ 258,24		€ 10,00	€ 167,54	
2024	0,253	€ 276,31		€ 10,00	€ 171,95	
2025	0,271	€ 295,65		€ 10,00	€ 176,51	
2026	0,290	€ 316,35		€ 180,00	€ 275,61	
2027	0,310	€ 338,50		€ 10,00	€ 186,06	
2028	0,332	€ 362,19		€ 10,00	€ 191,07	
2029	0,355	€ 387,54		€ 10,00	€ 196,24	
2030	0,380	€ 414,67		€ 180,00	€ 282,26	
total		€ 4.850,48	€ 3.110,00	€ 1.556,00	€ 7.236,32	

parking place P1 - option 1**Investment in 2014**

year	electricity price	energy cost	investment cost	maintenance cost	discounted	1,04
2011	0,105	€ 264,60	€ 264,60	€ 16,00 (failure)	€ 280,60	
2012	0,112	€ 283,12		€ 186,00	€ 451,08	
2013	0,120	€ 302,94	select	€ 16,00	€ 294,88	
2014	0,129	€ 140,46	€ 3.110,00	€ 10,00 (replacement+failure)	€ 133,76	
2015	0,138	€ 150,30		€ 10,00	€ 137,02	
2016	0,147	€ 160,82		€ 10,00	€ 140,40	
2017	0,158	€ 172,07		€ 10,00	€ 143,90	
2018	0,169	€ 184,12		€ 180,00	€ 276,70	
2019	0,180	€ 197,01		€ 10,00	€ 151,26	
2020	0,193	€ 210,80		€ 10,00	€ 155,13	
2021	0,207	€ 225,55		€ 510,00 (VSA+failure)	€ 496,91	
2022	0,221	€ 241,34		€ 180,00	€ 273,70	
2023	0,236	€ 258,24		€ 10,00	€ 167,54	
2024	0,253	€ 276,31		€ 10,00	€ 171,95	
2025	0,271	€ 295,65		€ 10,00	€ 176,51	
2026	0,290	€ 316,35		€ 180,00	€ 275,61	
2027	0,310	€ 338,50		€ 10,00	€ 186,06	
2028	0,332	€ 362,19		€ 10,00	€ 191,07	
2029	0,355	€ 387,54		€ 10,00	€ 196,24	
2030	0,380	€ 414,67		€ 180,00	€ 282,26	
total		€ 5.182,59	€ 3.110,00	€ 1.568,00	€ 7.347,35	

parking place P1 - option 2**Investment 2012**

year	electricity price	energy cost	investment cost	maintenance cost	discounted	1,04
2011	0,105	€ 264,60		€ 16,00	€ 280,60	
2012	0,112	€ 66,06	€ 5.650,00	€ 0,00	€ 63,52	
2013	0,120	€ 70,69	select	€ 0,00	€ 65,35	
2014	0,129	€ 75,63	select	€ 0,00	€ 67,24	
2015	0,138	€ 80,93		€ 0,00	€ 69,18	
2016	0,147	€ 86,59		€ 0,00	€ 71,17	
2017	0,158	€ 92,66		€ 0,00	€ 73,23	
2018	0,169	€ 99,14		€ 0,00	€ 75,34	
2019	0,180	€ 106,08		€ 0,00	€ 77,51	
2020	0,193	€ 113,51		€ 0,00	€ 79,75	
2021	0,207	€ 121,45		€ 0,00	€ 82,05	
2022	0,221	€ 129,95		€ 0,00	€ 84,42	
2023	0,236	€ 139,05		€ 0,00	€ 86,85	
2024	0,253	€ 148,78		€ 0,00	€ 89,36	
2025	0,271	€ 159,20		€ 0,00	€ 91,93	
2026	0,290	€ 170,34		€ 0,00	€ 94,59	
2027	0,310	€ 182,27		€ 0,00	€ 97,31	
2028	0,332	€ 195,03		€ 0,00	€ 100,12	
2029	0,355	€ 208,68		€ 0,00	€ 103,01	
2030	0,380	€ 223,28		€ 0,00	€ 105,98	
total		€ 2.733,92	€ 5.650,00	€ 16,00	€ 7.291,19	

parking place P1 - option 2**Investment 2014**

year	electricity price	energy cost	investment cost	maintenance cost		1,04
2011	0,105	€ 264,60		€ 16,00	€ 280,60	
2012	0,112	€ 283,12	select	€ 186,00	€ 451,08	
2013	0,120	€ 302,94		€ 16,00	€ 294,88	
2014	0,129	€ 75,63	€ 5.650,00	€ 0,00	€ 67,24	
2015	0,138	€ 80,93		€ 0,00	€ 69,18	
2016	0,147	€ 86,59		€ 0,00	€ 71,17	
2017	0,158	€ 92,66		€ 0,00	€ 73,23	
2018	0,169	€ 99,14		€ 0,00	€ 75,34	
2019	0,180	€ 106,08		€ 0,00	€ 77,51	
2020	0,193	€ 113,51		€ 0,00	€ 79,75	
2021	0,207	€ 121,45		€ 0,00	€ 82,05	
2022	0,221	€ 129,95		€ 0,00	€ 84,42	
2023	0,236	€ 139,05		€ 0,00	€ 86,85	
2024	0,253	€ 148,78		€ 0,00	€ 89,36	
2025	0,271	€ 159,20		€ 0,00	€ 91,93	
2026	0,290	€ 170,34		€ 0,00	€ 94,59	
2027	0,310	€ 182,27		€ 0,00	€ 97,31	
2028	0,332	€ 195,03		€ 0,00	€ 100,12	
2029	0,355	€ 208,68		€ 0,00	€ 103,01	
2030	0,380	€ 223,28		€ 0,00	€ 105,98	
total		€ 3.183,24	€ 5.650,00	€ 218,00	€ 7.498,41	